A New Analytic Method to Tune a Fractional Order PID Controller

Omar Waleed Abdulwahhab
Assistant Professor
College of Engineering-University of Baghdad
Email: omarwaleed110@gmail.com

Dr. Nizar Hadi Abbas
Assistant Professor
College of Engineering-University of Baghdad
Email: drnizaralmsaodi@gmail.com

ABSTRACT

This paper proposes a new method to tune a fractional order PID controller. This method utilizes both the analytic and numeric approach to determine the controller parameters. The control design specifications that must be achieved by the control system are gain crossover frequency, phase margin, and peak magnitude at the resonant frequency, where the latter is a new design specification suggested by this paper. These specifications results in three equations in five unknown variables. Assuming that certain relations exist between two variables and discretizing one of them, a performance index can be evaluated and the optimal controller parameters that minimize this performance index are selected. As a case study, a third order linear time invariant system is taken as a process to be controlled and the proposed method is applied to design the controller. The resultant control system exactly fulfills the control design specification, a feature that is laked in numerical design methods. Through matlab simulation, the step response of the closed loop system with the proposed controller and a conventional PID controller demonstrate the performance of the system in terms of time domain transient response specifications (rise time, overshoot, and settling time).

Keywords: Fractional order PID controller; gain crossover frequency; phase margin; peak magnitude at resonant frequency.

طريقة تحليلية جديدة لتنغيم المسيطر التناسبي-التكاملي -التفاضلي ذو الرتبة الكسرية

عمر وليد عبدالوهاب
أستاذ مساعد
كلية الهندسة – جامعة بغداد

د. نزار هادي عباس
أستاذ مساعد
كلية الهندسة – جامعة بغداد

الخلاصة

يقترح هذا البحث طريقة جديدة لتنغيم المسيطر التناسبي-التكاملي -التفاضلي ذو الرتبة الكسرية. هذه الطريقة تستثمر الطريقة التحليلية والطريقة العددية لايجاد معاملات المسيطر. خصائص النظام المصمم تشمل تردد تقاطع الربح وهامش الطور والقيمة العظمى للمقدار عند التردد الرنيني (وهذه هي الخاصية الجديدة المقترحة في هذا البحث). هذه الخصائص تعطي ثلاث معادلات في خمسة مجاهيل. بافتراض وجود علاقة بين متغيرين وتقطيع احدهما يمكن ايجاد مؤشر الاداء وايجاد معاملات المسيطر الامثل. كمثال تم أخذ نظام من الرتبة الثالثة خطي ذو معاملات ثابتة وتم تطبيق الطريقة المقترحة عليه فكان النظام الناتج يطابق تماما الخصائص المطلوبة وهو ما تفتقد اليه الطرق العددية لتصميم المسيطر. من خلال المحاكاة تم اختبار استجابة النظام لادخال خطوة للمسيطر المقترح واخر تقليدي ذو رتبة صحيحة وتم الاستدلال على أداء النظام بدلالة مواصفات الاستجابة الانتقالية في مجال الزمن.

1. INTRODUCTION

The fractional order PID controller (also called $PI^{\lambda}D^{\mu}$) was proposed by **Podlubny, 1994** and **Podliubny, 1999** and has a transfer function

$$C(s) = K_p + \frac{K_I}{s^{\lambda}} + K_D s^{\mu} \tag{1}$$

where K_p, K_I, $K_D \in R$ and λ and $\mu \in R^+$ are the parameters of the controller that must be tuned. Parameters λ and μ increase the degree of freedom in tuning the controller, which makes the design of the control system more flexible. Fractional order PID controllers have less sensitivity to parameter variation due to these two additional parameters, **Zhao, et al., 2005**. Since the $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller has five parameters, up to five design specifications can be fulfilled by this controller, while the PID controller can fulfill up to three design specifications.

In general, there are two approaches to tune the $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller, analytical and numerical **Valerio, and Costa, 2010**. In **Zhao, et. al, 2005** and **Caponetto, et al., 2004**, the controller parameters were derived analytically to achieve gain (phase) margin and phase (gain) crossover frequency specifications. In **Monje, et al., 2008**, one of the equations was taken as an objective function and the rest of the specifications were taken as constraints. In **Bhisikar, et. Al, 2014, Wang, et al, 2015,** and **Badri, 2015**, the set of equations were solved numerically. **Badri, and Tavazoei, 2013** solved the equations graphically by finding the intersection point of two curves. **Sadati, 2007** used a performance index in time domain to determine the controller parameters, while **Tepljakov, et al., 2015** used a performance index in frequency domain to determine these parameters. **Lazarevic, 2013** tuned the controller parameters using genetic algoritm to minimize a performance index.The objective functions in such problems have complex surfaces such that the analytic methods of optimization often fail **Dorcak, et al, 2006**. Another approach to tune a fractional order PID controller was given in **Xue, et al., 2006, Khalil, et. Al., 2009**, and **Joshi and Talange, 2013**, by taking cerain values for the fractional order of integration and differentiation and finding the optimal values for the remaining gain parameters.

The remaining of this paper is organized as follows: In section 2, the proposed tuning method is presented, in section 3, a design and simulation example is presented to demonstrate the application of this method, and in section 4, the conclusions are drawn from the simulation results.

2. THE PROPOSE TUNING METHOD

Consider the unity feedback control system shown in **Fig. 1**. The transfer functions of the controller and the plant are $C(s)$ and $P(s)$, respectively. The sinusoidal transfer function of the controller is

$$C(j\omega) = K_p + \frac{K_I}{(j\omega)^{\lambda}} + K_D(j\omega)^{\mu} = K_p + K_I(j\omega)^{-\lambda} + K_D(j\omega)^{\mu} = K_p + K_I j^{-\lambda}\omega^{-\lambda} + K_D j^{\mu}\omega^{\mu}$$

$$= K_p + K_I(\cos\left(\frac{\pi}{2}\right) + j\sin\left(\frac{\pi}{2}\right))^{-\lambda}\omega^{-\lambda} + K_D(\cos\left(\frac{\pi}{2}\right) + j\sin\left(\frac{\pi}{2}\right))^{\mu}\omega^{\mu}$$

$$C(j\omega) = K_p + K_I(\cos\left(\frac{\lambda\pi}{2}\right) + j\sin\left(\frac{\lambda\pi}{2}\right))\omega^{-\lambda} + K_D(\cos\left(\frac{\mu\pi}{2}\right) + j\sin\left(\frac{\mu\pi}{2}\right))\omega^{\mu}$$

$$C(j\omega) = K_P + K_I \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega^{-\lambda} + K_D \cos\frac{\mu\pi}{2}\omega^{\mu} + j(-K_I \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega^{-\lambda} + K_D \sin\frac{\mu\pi}{2}\omega^{\mu}) \quad (2)$$

$$C(j\omega_c)P(j\omega_c) = 1\angle(\phi_m - \pi) = 1e^{j(\phi_m - \pi)} = e^{j\phi_m}e^{j(-\pi)} = e^{j\phi_m}(\cos(-\pi) + j\sin(-\pi))$$

$$C(j\omega_c)P(j\omega_c) = e^{j\phi_m}\big(-1 + j(0)\big) = -e^{-j\phi_m}$$

$$C(j\omega_c) = \frac{-e^{-j\phi_m}}{P(j\omega_c)} \quad (3)$$

Substituting Eq. (2) in Eq. (3) and equating the real part and imaginary part of both sides yields

$$K_P + K_I \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} + K_D \cos\frac{\mu\pi}{2}\omega_c^{\mu} = \Re(\frac{-e^{-j\phi_m}}{P(j\omega_c)}) \quad (4)$$

$$-K_I \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} + K_D \sin\frac{\mu\pi}{2}\omega_c^{\mu} = \Im(\frac{-e^{-j\phi_m}}{P(j\omega_c)}) \quad (5)$$

The steady state error should be zero; therefore, $\lambda > 0$ (Final value theorem). The two relations $\mu = 1 - \lambda$ and $\mu = \lambda$ are assumed to exist between μ and λ; the reason for choosing these relations is to get the sine and cosine functions for the same angle, namely, $\frac{\lambda\pi}{2}$.

i) First, assume that

$$\mu = 1 - \lambda \quad (6)$$

There is one degree of freedom in choosing λ and μ (choose one and evaluate the other) as shown in **Fig. 2**. Substituting Eq. (6) in Eq. (4) and Eq. (5) yields

$$K_P + K_I \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} + K_D \cos\frac{(1-\lambda)\pi}{2}\omega_c^{1-\lambda} = \Re(\frac{-e^{-j\phi_m}}{P(j\omega_c)})$$

$$K_P + K_I \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} + K_D \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c\omega^{-\lambda} = \Re(\frac{-e^{-j\phi_m}}{P(j\omega_c)}) \quad (7)$$

$$-K_I \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} + K_D \sin\frac{(1-\lambda)\pi}{2}\omega_c^{1-\lambda} = \Im(\frac{-e^{-j\phi_m}}{P(j\omega_c)})$$

$$-K_I \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} + K_D \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c\omega_c^{-\lambda} = \Im(\frac{-e^{-j\phi_m}}{P(j\omega_c)}) \quad (8)$$

Now, take discrete values of λ, from 0 to 1, say 0.01, 0.02, …, 1 (100 values). For each value of λ, solve Eq. (7) and Eq. (8) for K_I and K_D in terms of K_P and λ.

$$K_I = \frac{\begin{vmatrix} \Re\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) - K_P & \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c\omega_c^{-\lambda} \\ \Im\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) & \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c\omega_c^{-\lambda} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} & \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c\omega_c^{-\lambda} \\ -\sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} & \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c\omega_c^{-\lambda} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} \Re\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) - K_P & \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c\omega_c^{-\lambda} \\ \Im\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) & \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c\omega_c^{-\lambda} \end{vmatrix}}{\omega_c\omega_c^{-2\lambda}} \tag{9}$$

$$K_D = \frac{\begin{vmatrix} \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} & \Re\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) - K_P \\ -\sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} & \Im\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) \end{vmatrix}}{\omega_c\omega_c^{-2\lambda}} \tag{10}$$

At the resonant frequency of the plant ω_r, the magnitude of the open loop transfer function is

$|C(j\omega_r)P(j\omega_r)| = M_r \Rightarrow |C(j\omega_r)| = \frac{M_r}{|P(j\omega_r)|}$. Let $\frac{M_r}{|P(j\omega_r)|} = k$

$$\sqrt{(K_P + K_I\cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{-\lambda} + K_D\sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r\omega^{-\lambda})^2 + (-K_I\sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{-\lambda} + K_D\cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r\omega^{-\lambda})^2} = k_1 \tag{11}$$

Squaring both sides of Eq. (11) yields

$$(K_P + K_I\cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{-\lambda} + K_D\sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r\omega^{-\lambda})^2 + (-K_I\sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{-\lambda} + K_D\cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r\omega^{-\lambda})^2 = k_1^2 \tag{12}$$

Substituting Eq. (9) and Eq. (10) in Eq. (12), the value of K_P is obtained as follows

$$K_P = \frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 - 4a_1c_1}}{2a_1} \tag{13}$$

where

$$a_1 = 1 - 2\alpha^{\lambda}\cos^2\frac{\lambda\pi}{2} - 2\alpha^{\lambda-1}\sin^2\frac{\lambda\pi}{2} + \alpha^{2\lambda}\cos^2\frac{\lambda\pi}{2} + \alpha^{2\lambda-2}\sin^2\frac{\lambda\pi}{2}$$

$$\begin{aligned} b_1 = {} & 2\alpha^{\lambda}R\cos^2\frac{\lambda\pi}{2} - 2\alpha^{\lambda}I\sin\frac{\lambda\pi}{2}\cos\frac{\lambda\pi}{2} + 2\alpha^{\lambda-1}I\sin\frac{\lambda\pi}{2}\cos\frac{\lambda\pi}{2} + 2\alpha^{\lambda-1}R\sin^2\frac{\lambda\pi}{2} \\ & - 2\alpha^{2\lambda}R\cos^2\frac{\lambda\pi}{2} + 2\alpha^{2\lambda}I\sin\frac{\lambda\pi}{2}\cos\frac{\lambda\pi}{2} - 2\alpha^{2\lambda-2}I\sin\frac{\lambda\pi}{2}\cos\frac{\lambda\pi}{2} \\ & - 2\alpha^{2\lambda-2}R\sin^2\frac{\lambda\pi}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_1 = {} & \alpha^{2\lambda}R^2\cos^2\frac{\lambda\pi}{2} - 2\alpha^{2\lambda}RI\sin\frac{\lambda\pi}{2}\cos\frac{\lambda\pi}{2} + \alpha^{2\lambda}I^2\sin^2\frac{\lambda\pi}{2} + \alpha^{2\lambda-2}I^2\cos^2\frac{\lambda\pi}{2} \\ & + 2\alpha^{2\lambda-2}RI\sin\frac{\lambda\pi}{2}\cos\frac{\lambda\pi}{2} + \alpha^{2\lambda-2}R^2\sin^2\frac{\lambda\pi}{2} - k_1^2 \end{aligned}$$

$\alpha = \frac{\omega_c}{\omega_r},\ R = \Re(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}),\ I = \Im(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)})$

The performance index that will be used to select the optimal value of λ

$$P_1(\lambda) = \int_0^\infty e^2(t,\lambda)dt \tag{14}$$

ii) Second, assume that

$$\mu = \lambda \tag{15}$$

Substituting Eq. (15) in Eq. (4) and Eq. (5) yields

$$K_P + K_I \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} + K_D \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{\lambda} = \Re(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}) \tag{16}$$

$$-K_I \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} + K_D \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{\lambda} = \Im(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}) \tag{17}$$

For the same discrete values of λ, solve Eq. (16) and Eq. (17) for K_I and K_D in terms of K_P and λ.

$$K_I = \frac{\begin{vmatrix} \Re\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) - K_P & \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{\lambda} \\ \Im\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) & \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{\lambda} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} & \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{\lambda} \\ -\sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} & \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{\lambda} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} \Re\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) - K_P & \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{\lambda} \\ \Im\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) & \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{\lambda} \end{vmatrix}}{\sin\lambda\pi} \tag{18}$$

$$K_D = \frac{\begin{vmatrix} \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} & \Re\left(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}\right) - K_P \\ -\sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_c^{-\lambda} & \Im(\frac{-e^{-j\phi m}}{P(j\omega_c)}) \end{vmatrix}}{\sin\lambda\pi} \tag{19}$$

$$|C(j\omega_r)| = \frac{M_r}{|P(j\omega_r)|} = k$$

$$\sqrt{(K_P + K_I \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{-\lambda} + K_D \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{\lambda})^2 + (-K_I \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{-\lambda} + K_D \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{\lambda})^2} = k_2 \tag{20}$$

Squaring both sides of Eq. (20) yields

$$(K_P + K_I \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{-\lambda} + K_D \cos\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{\lambda})^2 + (-K_I \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{-\lambda} + K_D \sin\frac{\lambda\pi}{2}\omega_r^{\lambda})^2 = k_2^2 \tag{21}$$

Substituting Eq. (18) and Eq. (19) in Eq. (21), the value of K_P is obtained as follows

$$K_P = \frac{-b_2 \pm \sqrt{b_2^2 - 4a_2c_2}}{2a_2} \tag{22}$$

where

$$a_2 = 1 + \frac{\alpha^{2\lambda}}{4\cos^2\frac{\lambda\pi}{2}} + \frac{1}{4\alpha^{2\lambda}\cos^2\frac{\lambda\pi}{2}} - \alpha^{\lambda} - \frac{1}{\alpha^{\lambda}} + \frac{\cos\lambda\pi}{2\cos^2\frac{\lambda\pi}{2}}$$

$$\begin{aligned} b_2 = {} & \frac{\alpha^{2\lambda}}{\sin^2\lambda\pi}\left(-2R\sin^2\frac{\lambda\pi}{2} + I\sin\lambda\pi\right) + \frac{1}{\alpha^{2\lambda}\sin^2\lambda\pi}\left(-I\sin\lambda\pi - 2R\sin^2\frac{\lambda\pi}{2}\right) \\ & + \frac{\alpha^{\lambda}\cos\frac{\lambda\pi}{2}}{\sin\lambda\pi}\left(R\sin\frac{\lambda\pi}{2} - I\cos\frac{\lambda\pi}{2}\right) + \frac{2\cos\frac{\lambda\pi}{2}}{\alpha^{\lambda}\sin\lambda\pi}\left(I\cos\frac{\lambda\pi}{2} + R\sin\frac{\lambda\pi}{2}\right) \\ & + \frac{2\cos\lambda\pi}{\sin^2\lambda\pi}\left(-2R\sin^2\frac{\lambda\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_2 = {} & \frac{\alpha^{2\lambda}}{\sin^2\lambda\pi}\left(R^2\sin^2\frac{\lambda\pi}{2} - RI\sin\lambda\pi + I^2\cos^2\frac{\lambda\pi}{2}\right) \\ & + \frac{1}{\alpha^{2\lambda}\sin^2\lambda\pi}\left(I^2\cos^2\frac{\lambda\pi}{2} + RI\sin\lambda\pi + R^2\sin^2\frac{\lambda\pi}{2}\right) \\ & + \frac{2\cos\lambda\pi}{\sin^2\lambda\pi}\left(R^2\sin^2\frac{\lambda\pi}{2} - I^2\cos^2\frac{\lambda\pi}{2}\right) - k_2^2 \end{aligned}$$

The performance index in this case is

$$P_2(\lambda) = \int_0^{\infty} e^2(t,\lambda)dt \tag{23}$$

The optimal value of λ is

$$\lambda^* = \arg\{\min[\min_{\lambda}(P_1(\lambda)), \min_{\lambda}(P_2(\lambda))]\}$$

and the optimal value of μ is

$$\mu^* = \begin{cases} 1 - \lambda^* & \text{if} \quad \min_{\lambda}(P_1(\lambda)) \le \min_{\lambda}(P_2(\lambda)) \\ \lambda^* & \text{if} \quad \min_{\lambda}(P_1(\lambda)) > \min_{\lambda}(P_2(\lambda)) \end{cases}$$

Thus, the transfer function of the controller is

$$C(s) = K_p + \frac{K_I}{s^{\lambda^*}} + K_D s^{\mu^*} \tag{24}$$

3. DESIGN AND SIMULATION

Consider applying the proposed design procedure to the plant given by the transfer function

$$P(s) = \frac{1}{s^3 + 0.6675s^2 + 2.8985s + 0.561}$$

The resultant $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller is

$$C(s) = -0.2374 + \frac{0.5484}{s^{0.615}} + 0.2317s^{0.615} \tag{25}$$

which resuts when $(\mu = \lambda)$. The bode plot of the open loop transfer function is shown in **Fig. 4**. The control design specifications ($\phi_m = 60^{\circ}$, $\omega_c = 0.3$, and $M_r = 0.1$) are all achieved by this controller.

The step response of the close loop system with this $PI^{\lambda^*}D^{\mu^*}$ controller is shown in **Fig. 5**. For the purpose of comparison, a conventional PID controller is designed using matlab *pidtune* command, which designes a PID controller for a given transfer function. The transfer function of this controller is

$$C(s) = 0.167 + \frac{0.127}{s} \tag{26}$$

The step response of the close loop system with the PID controller is shown in **Fig. 6**. **Table** 1 shows the transient response specifications of the two systems. The system with the $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller has better percentage overshoot, delay time, and rise time than that with the PID controller, while the settling time is much greater. This is because the specifications that are fulfilled by the $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller are the gain crossover frequency which enhances the rise time and delay time, and the phase margin which enhances the percentage overshoot.

4. CONCLUSIONS

A conclusion can be drawn from the design procedure of this paper that if the domain of some of the design variables is restricted by a certain mathematical relation (restriction) between these variables (λ and μ in this case), an analytic, rather than a numerical, solution can be obtained. Unlike the optimization problems that may be subjected to certain constraints (such as the parameters should be positive), the analytic solution gives exact solution of the design specification equations; this solution may be positive, negative, or even a complex number. This is evident in the value of K_P, which is negative. While a $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller that is tuned by optimization techniques can fulfill the design specifications with some sufficiently small error, the analytically tuned $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller fulfill the design specifications exactly, since it is the solution of a set of simultaneous equations; this is evident in enhancing the percentage overshoot and rise time of the closed loop system.

REFERENCES

- Badri, V., 2015, *Some Analytical Result on Tuning Fractional-Order [Proportional-Integral] Controllers for Fractional-Order Systems*, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 24, Issue 3.
- Badri, V. and Tavazoei, M. S., 2013, *On Tuning Fractional Order [Proportional-Derivative] Controllers for a Class of Fractional Order Systems,* Vol. 49, Issue 7, pp. 2297–2301.
- Bhisikar, K. K., Vishwesh, A. V., and Joshi, M. M., 2014, *Design of Fractional- order PD Controller for Unstable and Integrating Systems*, Proceeding of the 11th World Congress on Intelligent Control and Automation, Shenyang, China, June 29- July 4.
- Caponetto, R. , Fortuna, L. , and Porto, D. , 2004, *A new Tuning Strategy for noninteger order PID Controller,* in Pro. 1st IFAC Workshop Fract. Differ. Appl., Bordeaux, France, pp. 168-173.
- Dorcak, L., Terpak, J. , Papajova, M. , Dorcakova, F., and Pivka, L., 2006, *Design of the Fractional-Order PIλDμ Controllers Based on the Optimization with Self-Organizing Migrating Algorithm,*Acta Montanistica Slovaca vol. 12, no. 4, December 2006.
- Joshi, S., D., and Talange, D., B., 2013, *Fractional Order Modeling and Control of Depth System of AUV*, 2nd International Conference on Advances in Computer Science and Engineering, pp. 162-166.
- Khalil, I., S., M., Naskali, A., T., and Sabanovic, A., 2009, *On Fractional Order Modeling and Control of Dynamical Systems*, 2nd IFAC International Conference on Intelligent Control Systems and Signal Processing, Istanbul, Turkey.
- Lazarevic, M., 2013, *Further Result on Fractional Order Control of a Mechatronic System*, Scientific Technical Review, vol. 63, no. 3, pp. 22-32.
- Monje, C. A. , Vinagre, B. M. , Feliu, V., and Chen, Y., 2008, *Tuning and Auto-Tuning of Fractional Order Controllers for Industry Applications*, Control Engineering Practice, vol. 16, no. 7, p.p 798-812.
- Podlubny, I., 1994, *Fractional-Order Systems and Fractional-Order Controllers*, Ins, Exp. Phys., Slovak Acad. Sci., UEF-03-94, Kosice.
- Podlubny, I, 1999, *Fractional-Order Syetems and $PI^{\lambda}D^{\mu}$ – Controllers*, IEEE Trans. an Automatic Control, vol. 44, no. 1, pp. 208-214.
- Sadati, N., 2007, *Optimum Design of Fractional Order PID for MIMO and SISO Systems Using Particle Swarm Optimization Techniques*, Proceeding of International Conference on Mechatronics, Kumamoto Japan.
- Tepljakov, A. , Belikov, J., and Petlenkov, E., 2015, *Robust FOPI and FOPID controller design for FFOPDT plants in embedded control applications using frequency-domain analysis,* Proceedings of the American Control Conference.
- Valerio, D., and Costa, J. S., 2010, *A review of Tuning Methods for Fractional PIDs,* in Proc. 4th IFAC Workshop Fract. Differ. Appl., Badajoz, Spain, pp. 1-5.
- Wang, C., Wu, M, Jin, L., and Cai, N., 2015, *Design of Robust Fractional Order Proportional Integral Controller Based on Vector Method,* Wseas Transactions on Systems and Control, vol. 10.

- Xue, D., Zhao, C., and Chenm, Y., 2006, *Fractional Order PID Control of a DC- Motor with Elastic Shaft: A Case Study*, Proceeding of the 2006 Ammerican Control Conference, Minneapolis, Minnesota, USA, June 14-16, pp. 3182-3187.
- Zhao, C, Xue, D., and Chen, Y, 2005, *A FOPID Tuning Algorithm for a Class of Fractional Order Plants*, IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, vol.1, pp. 216-221.

NOMENCLATURE

e= error between the desired and actual output.
j= imaginary unit (= $\sqrt{-1}$).
K_D= derivative gain of the PID or $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller, dimensionless.
K_I= integral gain of the PID or $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller, dimensionless.
K_p= proportional gain of the PID or $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller, dimensionless.
M_r=magnitude of the open loop transfer function at the resonant frequency, dimensionless.
$P_1(.)$, $P_2(.)$= performance indices.
R= set of real numbers.
R^+= set of positive real numbers.
λ= fractional order of integration of the $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller, dimensionless.
λ^*= optimal value of λ, dimensionless.
μ= fractional order of differentiation of the $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller dimensionless.
μ^*= optimal value of μ, dimensionless.
ω_c= gain crossover frequency of the open loop transfer function, radian/s.
ω_r= resonance frequency of the plant, radian/s.
$\Re$= real part of a complex number.
$\Im$= imaginary part of a complex number.

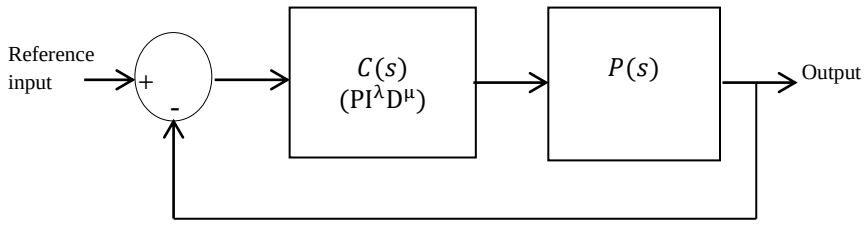


Figure 1. Unity feedback control system.

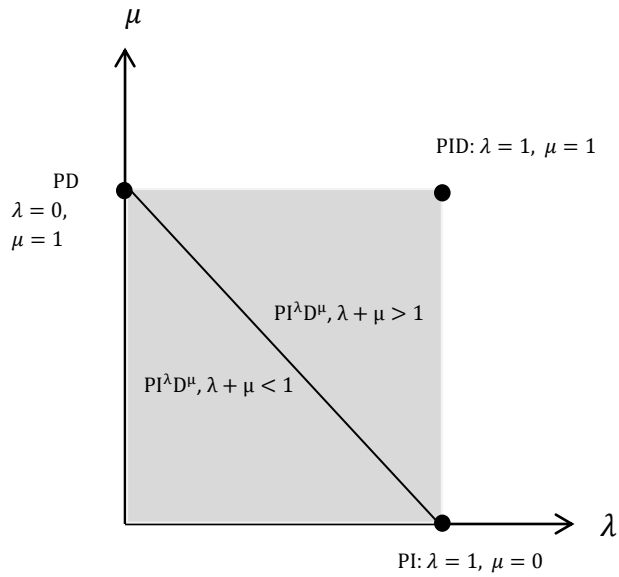


Figure 2. Relation between λ and μ: $\lambda + \mu = 1$.

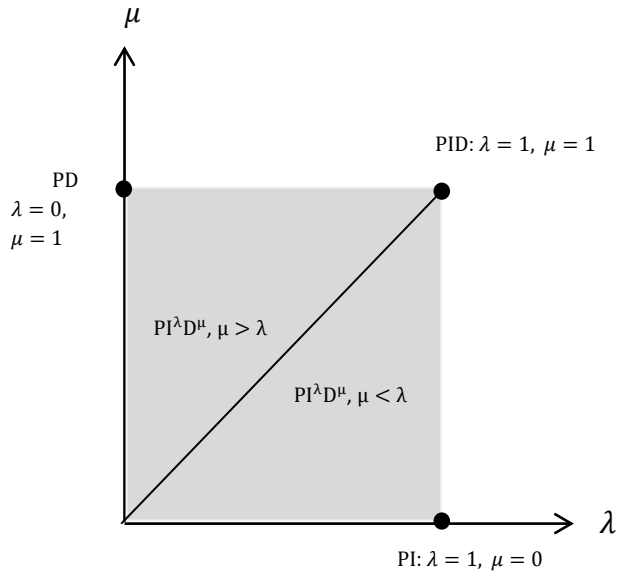


Figure 3. Relation between λ and μ: $\mu = \lambda$.

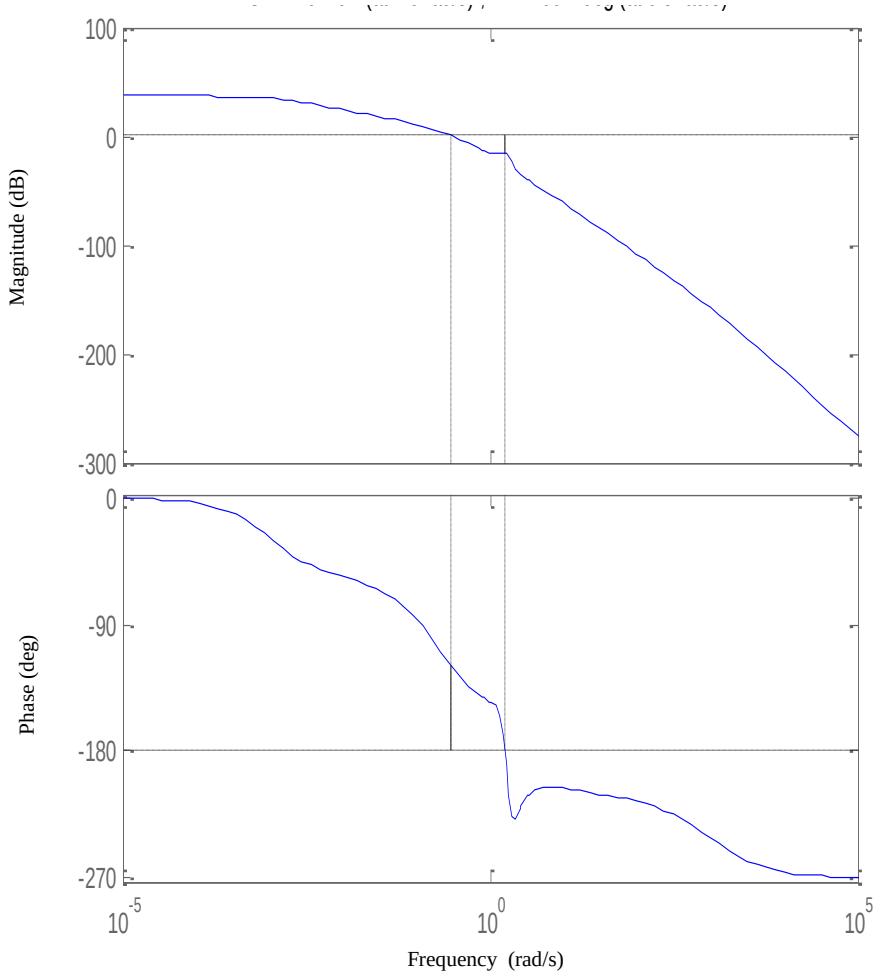


Figure 4. Bode plot of the open loop transfer function with $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller.

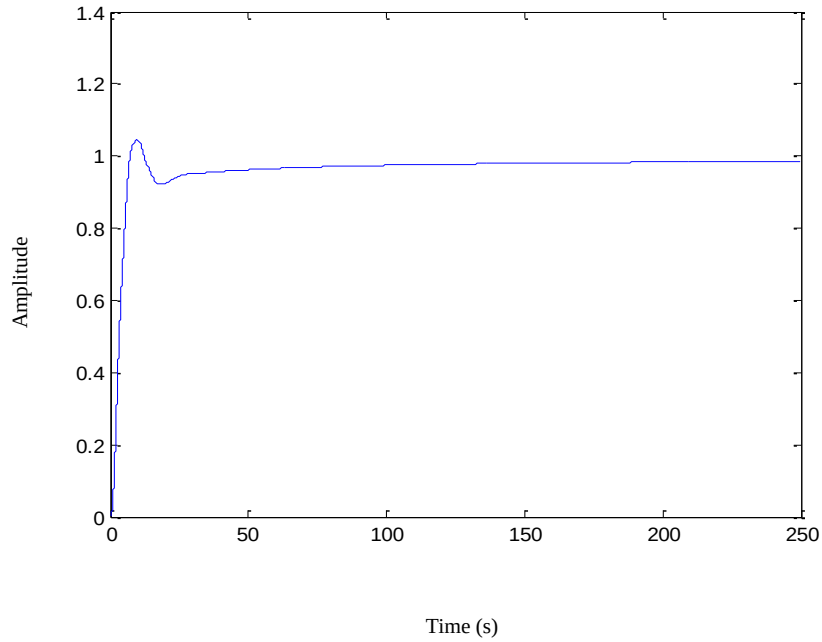


Figure 5. Step response of the close loop system with $PI^{\lambda^*}D^{\mu^*}$ controller.

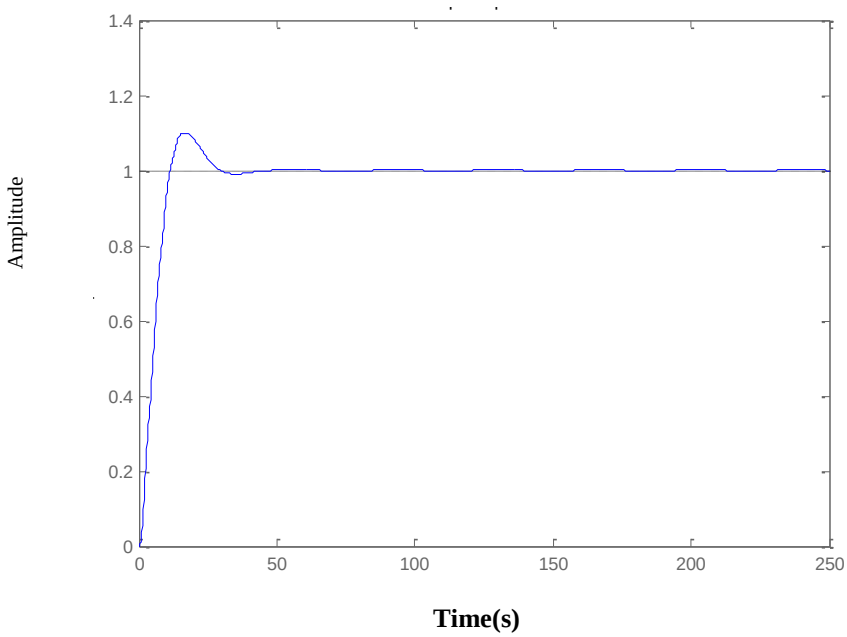


Figure 6. Step response of the close loop system with PID controller.

Table 1. Transient response specifications.

Controller	Percentage overshoot (%)	Rise time (s.)	Settling time (s.)	Delay time (s.)
PID	9.98	7.89	26.4	5.26
$PI^{\lambda}D^{\mu}$	4.4	4.72	151.71	3.21

Numerical Study of Heat Transfer Enhancement for a Flat Plate Solar Collector by Adding Metal Foam Blocks

Asst. Prof. Dr. Mohammed Abdulraouf Nima
Mechanical Engineering Department
College of Engineering- Baghdad University
E-mail: dralsafi@uobaghdad.edu.iq

Ali Mohammed Ali
Mechanical Engineering Department
College of Engineering- Baghdad University
E-mail: engali19927@gmail.com

ABSTRACT

Numerical study has been conducted to investigate the thermal performance enhancement of flat plate solar water collector by integrating the solar collector with metal foam blocks.The flow is assumed to be steady, incompressible and two dimensional in an inclined channel. The channel is provided with eight foam blocks manufactured form copper. The Brinkman-Forchheimer extended Darcy model is utilized to simulate the flow in the porous medium and the Navier-Stokes equation in the fluid region. The energy equation is used with local thermal equilibrium (LTE) assumption to simulate the thermofield inside the porous medium. The current investigation covers a range of solar radiation intensity at 09:00 AM, 12:00 PM, and 04:00 PM on the 8th of July 2016 under Iraq climate conditions, and a range of Reynolds number of (207<Re<625). The results show that the insertion of metal foam blocks caused a reduction in the absorber plate temperature and the possible enhancement in the heat transfer coefficient is more than 80% and as a result, the collector exhaust temperature will increase.

Keywords: Solar water collector, metal foam, finite volume method, Iraq climate.

دراسة عددية لتحسين الاداء الحراري لمجمع شمسي ذو الصفيحة المستوية بإضافة كتل من رغوة معدنية

أ.م.د. محمد عبد الرؤوف نعمة
قسم الهندسة الميكانيكية
كلية الهندسة– جامعة بغداد

علي محمد علي
قسم الهندسة الميكانيكية
كلية الهندسة– جامعة بغداد

الخلاصة

يقدم البحث الحالي دراسة نظرية لتحسين الاداء الحراري لمجمع شمسي مائي ذو الصفيحة المستوية حيث ان تحسين الاداء تم باضافة قطع من الرغوة المعدنية الى مصاعد المجمع الشمسي. تم فرض الجريان على انه مستقر، غير قابل للانضغاط، و ثنائي الابعاد يتدفق داخل مجرى مائل حاوي على ثماني قطع رغوة معدنية مصنوعة من النحاس. تم استخدام نموذج دارسي- برنكمان- فورشهايمر لمحاكاة الجريان في الوسط المسامي ومعادلة نـڤير ستوك في منطقة المائع و قد اختيرت معادلة الطاقة مع فرضية الاتزان الحراري (LTE) داخل الوسط المسامي. ان البحث الحالي يغطي عدة مديات للاشعاع الشمسي و المقاسة عند الساعة 09:00 ص، 12:00م، و 04:00م في الثامن من شهر يوليو لسنة 2016 تحت الضروف المناخية العراقية و لعدة مديات من رقم رينولد (207<Re<625). ان نتائج البحث الحالي اظهرت ان عملية اضافة الرغوة المعدنية قد تسببت بانخفاض درجة حرارة الصفيحة المستوية و تحسين معامل انتقال الحرارة بمقدار يصل الى اكثر من 80% وبسبب ذلك، تزداد درجة حرارة الماء الخارج من المجمع الشمسي.

الكلمات المفتاحية: مجمع شمسي مائي، رغوه معدنية، طريقة الحجم المحكوم، اجواء عراقية.

1. INTRODUCTION

At the present, crude oil is the main supplier of energy needed by the human, which is used in many applications, but the crude oil combustion releases emissions of carbon dioxide into environment and raises the environmental pollution. Extreme weather conditions and the continuous rising in the fuel price due to the scarcity of the crude oil forces us to deal with the valuable nature resources more effectively and research alternative green and non-depleted energy (renewable energy). Solar energy is one such option of the renewable energy which is represented by the solar radiation falling on the earth. The major component of any solar thermal system is the solar thermal collector where it used to transform the solar radiation into heat that carrying out of the collector by a working fluid (air, water or oil) passing through the collector. Flat plate solar water collectors are commonly used for low temperature applications below 100 ℃ such as residential applications, air conditioning (space heating), and industrial applications **Duffi**e and **Beckman**, **2013**. They are working in the recent 40~50 years without obvious changes in their design or operation principles **Iordanou, 2009**. The thermal performance enhancement for a flat plate solar collector may reduce its size and achieve higher exhaust temperature for extensive applications. To accomplish these purposes, many highly effective methods have been used in the previous research to improve the thermal performance including the methods of reducing the heat losses from the solar collector. There are two methods that used to reduce the heat losses from the solar collector, first method includes increasing the thermal resistance of the solar collector, such as using double or multi transparent cover, using evacuated tube receiver, using solar concentrators, using a V-grooved absorber, etc.

Second method includes a reduction in the temperature of the absorber. This is obtained by increasing the heat transfer coefficient inside the riser such as using twisted tapes installed inside the risers, improving the thermal properties of the working fluid due to the use of nanofluids, and using metal foam blocks as a porous medium partially or fully packed the risers which is used in the present research. A porous medium is considered as an effective enhancement method of heat transfer due to their intense mixing of the flow and their large surface area to volume ratio. Metal foams are a category of porous materials with unique properties that are utilized in heat transfer applications and several structural, **Ashby et al., 2000**. Metal foams are being produced as open-cell and closed-cell foams. Open-cell metal foam consists of pores that are open to their neighboring pores and allow the fluid to pass through them.

Extensive numerical and experimental studies had been conducted on the thermal enhancement in a flat plate solar collector or in channel. **Hadim, 1994** performed a numerical study to investigate the forced convection heat transfer in a channel partially and fully filled with porous medium and heated with localized heat sources that distributed at the lower wall. The extended Darcy model was utilized to describe the laminar flowfield inside the porous media and the energy equation with local thermal equilibrium condition (LTE) condition was utilized to describe the thermal performance within the porous media. Results showed that when the thermal conductivity ratio is unity, the heat transfer in both cases was almost the same, while the pressure drop was much lower in the case of partially filled channel. A numerical study was conducted by

Alkam and **Al-Nimr, 1999** to investigate the enhancement in the thermal performance of flat plate solar water collector by adding Aluminum foam substrates where it was formed as annular substrates and was installed at the inner wall of the risers. Their results showed that the addition of the Aluminum foam substrate enhance the heat transfer coefficient at the riser's wall, and thereby Nusselt number improved up to 27 times, but the inserting of the porous substrates led to increase the pressure drop up to 32 times. **Naphon, 2005** studied mathematically the thermal performance enhancement of flat-plate double pass air heater. The enhancement was achieved by inserting a porous medium into the lower duct (below the absorber). The thermal conductivity effect of the porous medium on the thermal performance was investigated. Results showed that the presence of the porous medium inside the solar air heater caused an increasing in the collector thermal efficiency by 25.9 %. A numerical study was obtained by **Bhargavi and Satyamurty, 2011** to establish the optimum arrangement and thickness of porous inserts in parallel plate channels subjected to a uniform heat flux at each plate in the case of forced convective heat transfer enhancement. The three different arrangements were: (1) a given porous substrate was attached to one wall (top or bottom), (2) two symmetric substrates were attached the walls, and (3) one porous substrate placed at the middle of the plates. The results showed that arrangement (3) yielded maximum enhancement in the Nusselt number due to the increasing of the flow velocity near the heated wall. **Chen and Huang, 2012** studied numerically the heat transfer enhancement in a channel of flat plate solar water collector by using an aluminum alloy foam blocks which were installed separately at the absorber. They found out that the presence of Aluminum foam blocks that partially filled the riser's channel had led to rise the mean Nusselt number up to 5 times. **Hwang et al., 2013** investigated the effect of pulsating flow in flat plate solar water collector that was enhanced by adding metal foam blocks. To simulate thermo field, they used two transient energy equations for solid and fluid phase based on (LTNE) condition. Their findings showed that the total cycle-space averaged heat transfer enhancement factor (Nu_m/Nu_{m-non}) increased with Reynolds number, effective thermal conductivity ratio and pulsating amplitude where it reached to 6 as a maximum value that existed during the tests and thereby, the pulsating flow gave further enhancement than the steady flow. An experimental study was conducted by **Ranjithkumar et al., 2015** to examine the benefit of the integration of flat-plate solar air heater by a porous medium. The porous media that was used in their study were black stone and sand stone where they were utilized as a heat storage material. Their results showed that the addition of porous medium led to increase the efficiency of the air heater up to 77%. An experimental study was conducted by **Abbas, 2016** to investigate the heat transfer improvement in a constant heat flux heated channel partially filled with copper foam blocks with air as the working fluid. The effect of several parameters such as Reynolds number ($638 \leq Re \leq 2168$), heat flux ($453 \leq q \leq 4462$ W/m^2), pores per inch PPI (10, 40), and Darcy number ($1.77\times10^{-5} \geq Da \geq 3.95\times10^{-6}$) on the heat transfer performance were studied. Results show that the heat transfer performance was increased by 85% for all studied cases where the enhancement in the heat transfer was recognized by the comparison between the porous and non-porous channel.

In the present study, mixed convection heat transfer in an inclined channel that supplied with metal foam (copper foam) blocks and exposed to a constant heat flux, is numerically examined with water as the working fluid. The influence of heat flux (solar radiation), and Reynolds

number variation on isotherms, streamlines, and the heat transfer rate at the heated wall (absorber plate) in terms of local and mean heat transfer coefficient are investigated and analysed.

2. MATHEMATICAL FORMULATION

2.1 Geometry and Coordinate System

A schematic representation of the system under investigation is shown in **Fig.1**. A two dimensional model in cartesian coordinate system is used to describe the problem of steady mixed convection heat transfer in an inclined channel with an angle (γ) from the horizontal position. The channel is partially filled with discrete porous blocks and heated uniformly from the top wall (absorber plate) by the solar radiation, while the bottom wall is insulated. Both walls (upper and lower) are impermeable and rigid.

2.2 Assumptions

To solve the flow and heat transfer equations (conservation of mass, momentum and energy) some assumptions should be made to simplify the problem:

1. Steady state, laminar and incompressible flow.
2. The numerical study is in two dimensions(x-y).
3. There is no heat generation or dissipation.
4. The porous medium is rigid, uniform, isotropic and fully saturated with water.
5. Thermophysical properties of the both phases (solid and fluid) are assumed constant.
6. The effect of buoyancy is considered and Boussinesque's approximation is invoked.
7. The computational domain is large enough than the physical domain to verify exit conditions ($l > L$) [see **Fig.3**].

2.3 Governing Equations

In this study, the Navier-Stokes equation is introduced to describe the flowfeild in the clear fluid region while the Brinkman-Forchheimer extended Darcy model is introduced to describe the flowfeild inside the porous medium. To model the thermofield inside the porous medium, the local thermal equilibrium (LTE) is used in between the solid and fluid phases. The above mentioned equations are expressed as follow, **Chen and Huang, 2012**:

- **Conservation of mass**

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \qquad (1)$$

- **Conservation of Momentum**

In the clear fluid region:

$$u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_f}\frac{\partial P}{\partial x} + \upsilon_{eff}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) + g sin(\gamma)\beta(T - T_i) \qquad \text{[x-axis]} \qquad (2)$$

$$u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_f}\frac{\partial P}{\partial y} + \upsilon_{eff}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) + g cos(\gamma)\beta(T - T_i) \qquad \text{[y-axis]} \qquad (3)$$

In the porous medium:

$$\frac{1}{\varepsilon^2}\left[u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y}\right] = \frac{-1}{\rho_f}\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon^2}\upsilon_{eff}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) - \left[\frac{\upsilon_f}{K} + \frac{\varepsilon C}{\sqrt{K}}\left|\vec{V}\right|\right]u + g sin(\gamma)\beta(T - T_i) \qquad \text{[x-axis]} \qquad (4)$$

$$\frac{1}{\varepsilon^2}\left[u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}\right]=\frac{-1}{\rho_f}\frac{\partial P}{\partial y}+\frac{1}{\varepsilon^2}\upsilon_{eff}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)-\left[\frac{\upsilon_f}{K}+\frac{\varepsilon C}{\sqrt{K}}\left|\vec{V}\right|\right]v+g\cos(\gamma)\beta(T-T_i) \text{ [y-axis]} \quad (5)$$

- **Conservation of energy**

In the clear fluid region:

$$u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}=\frac{k_f}{(\rho C_p)_f}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \quad (6)$$

In the porous medium:

$$u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}=\frac{k_{eff}}{(\rho C_p)_f}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \quad (7)$$

In Eqs. (4) and (5), the third term on the R.H.S can be defined as a resistance term produced by porous medium in the flowfield. The term consists of two part, the first part knowing as Darcy term which represents the pressure drop due to the viscous friction at the interface between fluid and solid phases, the second part knowing as Forchheimer term which represents the pressure drop due to the drag and the flow separation which may take place at higher Reynolds number, **Began, 2006.**

The above set of equations are semi-empirical equations since the equations which govern the relevant empirical coefficients, such as k_{eff}(the effective thermal conductivity, K(permability) and C(inertial parameter) are came from experimental tests and these coefficients do not have a universal value, **Chen and Huang, 2012**.

To estimate the effective thermal conductivity of open-cell metal foam, k_{eff}, the following correlation was proposed by **Calmidi and Mahajan, 1999** as;

$$k_{eff}=\varepsilon k_f+0.195(1-\varepsilon)^{0.763}\,k_s \quad (8)$$

Where the fluid (water) thermal conductivity k_f is taken as 0.603 W/m.K and thermal conductivity of the copper foams k_s (386 W/m.K), **Holman, 2010**. The effective thermal conductivity of the metal foam is found to be equal to (13.2349 W/m.K).

2.4 Boundary Conditions

To complete the formulation of the intended problem, some boundary conditions must be introduced:

- At the channel inlet: $x=0,\ 0\le y\le H \Rightarrow u=u_i$, $v=0$, $P=P_i$, and $T=T_i$
- At the channel exit: $x=l$, $0<y<H \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial x}=0$, $\frac{\partial v}{\partial x}=0$, and $\frac{\partial T}{\partial x}=0$
- At the lower wall: $y=0$, $0<x<l \Rightarrow u=v=0$, $\frac{\partial P}{\partial x}=\mu\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$ and $\frac{\partial T}{\partial y}=0$
- At the upper wall:

  $0<x<l, y=H \Rightarrow u=0, v=0$, $\frac{\partial P}{\partial x}=\mu\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$ and

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \begin{cases} -\frac{q_{ab}}{k_{eff}} & \text{over the porous blocks} \\ -\frac{q_{ab}}{k_f} & \text{clear fluid heated region with } x \le L \\ 0 & x > L \end{cases}$$

2.5 Nondimensionalization of the Governing Equations.

The existence of the pressure term in the momentum equation causes a difficulties in the numerical solution, this leads to resort to the Stream Function-Vorticity method which deals with the elimination of the pressure term from the momentum equation by some mathematical manipulations, **Patenkar, 1980.** To nondimensionalize the variables used in the governing equations, the following dimensionless variables are defined by, **Chen and Huang, 2012** where (*) referees to dimensionless value;

$$Re_f = \frac{u_i D_h}{\upsilon_f}, Re_{eff} = \frac{u_i D_h}{\upsilon_{eff}}, Pr_f = \frac{\upsilon_f}{\alpha_f}, Pe_f = \frac{u_i D_h}{\alpha_f} = Re_f Pr_f \quad Gr = \frac{g\beta \frac{q_{ab}}{K_f} {D_h}^4}{{\upsilon_f}^2}, Ri = \frac{Gr}{Re^2}$$

$$\alpha_f = \frac{k_f}{\rho Cp}, Da = \frac{K}{{D_h}^2}, \lambda = \frac{k_{eff}}{k_f}, x^* = \frac{x}{D_h}, y^* = \frac{y}{D_h}, L^* = \frac{L}{D_h}, l^* = \frac{l}{D_h}, w^* = \frac{w}{D_h}, s^* = \frac{s}{D_h}$$

$$P^* = \frac{P}{\rho {u_i}^2}, T^* = \frac{T - T_i}{\frac{q_{ab} D_h}{k_f}} \quad u^* = \frac{u}{u_i}, v^* = \frac{v}{u_i}, |\vec{V}^*| = \sqrt{u^{*2} + v^{*2}}, \Psi^* = \frac{\Psi}{u_i D_h}, \omega^* = \frac{\omega D_h}{u_i}$$

Now, the resulting governing equations in non-dimensional form are shown below:

$$\frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial y^{*2}} = -\omega^* \tag{9}$$

<u>In the clear fluid region:</u>

$$u^* \frac{\partial \omega^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial \omega^*}{\partial y^*} = \frac{1}{Re_f}\left[\frac{\partial^2 \omega^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 \omega^*}{\partial y^{*2}}\right] + Ri\left(\cos(\gamma)\frac{\partial T^*}{\partial x^*} - \sin(\gamma)\frac{\partial T^*}{\partial y^*}\right)$$

(10)

$$u^* \frac{\partial T^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial T^*}{\partial y^*} = \frac{1}{Pe_f}\left[\frac{\partial^2 T^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 T^*}{\partial y^{*2}}\right] \tag{11}$$

The pressure distribution in the clear fluid region can be expressed as follow:

$$\frac{\partial^2 P^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 P^*}{\partial y^{*2}} = 2\left(\frac{\partial u^*}{\partial x^*}\frac{\partial v^*}{\partial y^*} - \frac{\partial v^*}{\partial x^*}\frac{\partial u^*}{\partial y^*}\right) - Ri\left(sin(\gamma)\frac{\partial T^*}{\partial x^*} + sin(\gamma)\frac{\partial T^*}{\partial y^*}\right) \tag{12}$$

<u>In the porous medium:</u>

$$u^* \frac{\partial \omega^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial \omega^*}{\partial y^*} = \frac{1}{Re_{eff}}\left[\frac{\partial^2 \omega^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 \omega^*}{\partial y^{*2}}\right] + Ri\left(\cos(\gamma)\frac{\partial T^*}{\partial x^*} - \sin(\gamma)\frac{\partial T^*}{\partial y^*}\right) - \frac{\varepsilon^2}{\mathrm{Re\,Da}}\omega^* - \frac{\mathrm{C}\,\varepsilon^3}{\sqrt{\mathrm{Da}}}|\bar{V}|\,\omega^* - \frac{\mathrm{C}\,\varepsilon^3}{\sqrt{\mathrm{Da}}}\left[v^* \frac{\partial |\bar{V}|}{\partial x^*} - u^* \frac{\partial |\bar{V}|}{\partial y^*}\right] \tag{13}$$

$$u^* \frac{\partial T^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial T^*}{\partial y^*} = \frac{\lambda}{Pe_f}\left[\frac{\partial^2 T^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 T^*}{\partial y^{*2}}\right] \tag{14}$$

And the pressure distribution in the porous medium can be defined as follow:

$$\frac{\partial^2 P^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 P^*}{\partial y^{*2}} = 2\left(\frac{\partial u^*}{\partial x^*}\frac{\partial v^*}{\partial y^*} - \frac{\partial v^*}{\partial x^*}\frac{\partial u^*}{\partial y^*}\right) - Ri\left(\sin(\gamma)\frac{\partial T^*}{\partial x^*} + \sin(\gamma)\frac{\partial T^*}{\partial y^*}\right) + \frac{\varepsilon^3 C}{\sqrt{Da}}\left(u^* \frac{\partial |\vec{V^*}|}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial |\vec{V^*}|}{\partial y^*}\right)$$

(15)

Where: $u^* = \frac{\partial \Psi^*}{\partial y^*}$, $v^* = -\frac{\partial \Psi^*}{\partial x^*}$, $\left|\overrightarrow{V^*}\right| = \sqrt[2]{u^{*2} + v^{*2}}$ (16)

The dimensionless boundary conditions will be:

❖ At the channel inlet:

$x^* = 0, 0 < y^* < 1 \Rightarrow u^* = 1, v^* = 0, \Psi^* = y^*, \omega^* = 0, P^* = P_i^*,\ T^* = 0$

❖ At the channel exit:

$x^* = l^*, 0 < y^* < 1 \Rightarrow \frac{\partial u^*}{\partial x^*} = 0, \frac{\partial v^*}{\partial x^*} = 0, \frac{\partial T^*}{\partial x^*} = 0, \frac{\partial \omega^*}{\partial x^*} = 0, \frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial x^{*2}} = 0$

❖ At the lower wall:

$y^* = 0,\ 0 < x^* < l^* \Rightarrow u^* = 0, v^* = 0, \Psi^* = 0, \omega^* = -\frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial y^{*2}}, \frac{\partial T^*}{\partial y^*} = 0,\ \frac{\partial P^*}{\partial x^*} = \frac{-1}{Re}\frac{\partial \omega^*}{\partial y^*}$

❖ At the upper wall:

$y^* = 1,\ 0 < x^* < l^* \Rightarrow u^* = 0, v^* = 0, \Psi^* = 1,\ \omega^* = -\frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial y^{*2}},$

$$\frac{\partial P^*}{\partial x^*} = \frac{-1}{Re}\frac{\partial \omega^*}{\partial y^*}\ ,\ \frac{\partial T^*}{\partial y^*} = \begin{cases} -\frac{1}{\lambda} & \text{over the porous blocks} \\ -1 & \text{clear fluid heated region } (x^* \le L^*) \\ 0 & x^* > L^* \end{cases}$$

❖ **Fluid-Porous Interface Condition**

At the fluid-porous interface, the continuity of velocity components, temperature, stresses, and heat flux are valid, **Fu et al., 1996**.

$u_{por}{}^* = u_f{}^*, v_{por}{}^* = v_f{}^*, \Psi_{por}{}^* = \Psi_f{}^*, \omega_{por}{}^* = \omega_f{}^*$

$\frac{\partial v^*{}_f}{\partial x^*} = \frac{\mu_{eff.}}{\mu_f}\left[\frac{\partial v^*{}_{por}}{\partial x^*}\right], \left[\frac{\partial u^*{}_f}{\partial x^*} + \frac{\partial v^*{}_f}{\partial y^*}\right] = \frac{\mu_{eff.}}{\mu_f}\left[\frac{\partial u^*{}_{por}}{\partial x^*} + \frac{\partial v^*{}_{por}}{\partial y^*}\right]$

$T_{por}{}^* = T_f{}^*, \frac{\partial T^*{}_f}{\partial x^*} = \lambda\frac{\partial T^*{}_{por}}{\partial x^*}, \Psi_{por}{}^* = \Psi_f{}^*, \frac{\partial \Psi_{por}{}^*}{\partial x^*} = \frac{\partial \Psi_f{}^*}{\partial x^*}\ ; \omega_{por}{}^* = \omega_f{}^*, \frac{\partial \omega_{por}{}^*}{\partial x^*} = \frac{\partial \omega_f{}^*}{\partial x^*}$

2.6 Further Calculations

2.6.1 The Nusselt Number and Heat Transfer Coefficient

The local heat transfer coefficient and Nusselt number can be defined as, **Began, 2006.**

$$\mathrm{h}_x = \frac{q_{ab}}{(T_w - T_b)_x}\quad ,\quad \mathrm{Nu}_x = \frac{\mathrm{h}_x\,\mathrm{D}_h}{k_f} = \frac{\frac{q_{ab}\mathrm{D}_h}{k_f}}{(T_w - T_b)_x} = \frac{1}{T_w{}^* - T_b{}^*} \tag{17}$$

Where $T_w{}^*$ is the dimensionless wall temperature and $T_b{}^*$ is the dimensionless bulk temperature and can be defined as:

$$T_b{}^* = \frac{\int_0^1 T^* u^*\,\mathrm{d}y^*}{\int_0^1 u^* \mathrm{d}y^*} \tag{18}$$

The mean heat transfer coefficient is calculated as follows:

$$h_m = \frac{1}{L^*}\int_0^{L^*} h_x \, dx^* \tag{19}$$

The above integration is obtained over the physical domain.

3. NUMERICAL PROCEDURE

Numerical methods represent a useful alternative to analytical solutions. Such methods have proven to be increasingly popular. In the present work, the velocity and pressure fields in Eqs. (2) to (5) are treated by the Stream Function-Vorticity method of **Patanker, 1980**. The obtained system of equations included the energy equation [Eqs. (9) to (15)], is then solved by a fully implicit control volume-based on finite difference formulation with the use of up-wind differencing scheme of **Patanker, 1980**, to discretize the combined convective and conductive terms. A line-by-line tri-diagonal matrix algorithm TDMA is utilized to solve the system of algebraic equations that extracted from the discretization process of the differential governing equations. A computer program was build using MATLAB R2013a to implement the above procedure and to solve the governing equations. A relative error less than 10^{-5} is required for the temperature fields between successive iterations (for the mean Nusselt number). The flow chart of the built computer program is shown in **Fig.3**.

Before proceeding further, the grid independency test is performed first. Numerical tests are carried out for various grid size shown in **Fig.2**. It is observed that the mean Nusselt number values for a grid size larger than 691x 55 dose not vary more than 1.9%. Therefore, a grid size of 691x 55 is chosen for further computation because it consumed less computing time. A non-uniform grid system is used in the x-direction to provide a fine grid generation inside the metal foam blocks as shown in **Fig.1.** A relative error less than 10^{-5} is required for both the velocity and temperature fields between successive iterations (for the mean Nusselt number), and the normalized residual for the pressure field are less than 10^{-7} to achieve convergence.

$$\bar{R} = \frac{\sum|a_E\phi_E + a_W\phi_W + a_N\phi_N + a_S\phi_S + b - a_P\phi_P|}{\sum|a_P\phi_P|} \leq 10^{-7} \tag{20}$$

4. CODE VALIDATION

The present program codes are validated with the numerical results of **Hadim, 1994** where his work utilized the vorticity and stream function analysis and used the finite volume method in the discretization process of the governing equations. The numerical solution was obtained on a porous medium with (ε=0.97, C=0.1, Da=10^{-3}, Pr=10, Re=250) partially and fully filled a horizontal channel as shown in **Fig.4**. It can be seen from **Fig.5** that the present program results are made a good agreement with **Hadim, 1994**.

5. RESULTS AND DISCUSSION

In the present study, the problem of mixed convection heat transfer through an inclined channel integrated with metal foam blocks that subjected to constant heat flux, is solved based on local thermal equilibrium model. Numerical computations were performed for an inclined channel of 0.02 m height, 1.8 m length, and 23° tilted angle for July, **Camelia and Dorin, 2014**. The channel is provided with eight (2 cm height, 3 cm thickness) foam blocks that made by

copper with porosity of $\varepsilon = 0.903$, inertial coefficient $C = 0.17$, permeability K= 7.85x10^{-8}, pore per inch=10 PPI, thermal conductivity ratio $\lambda = 21.25$ with water as a working fluid of $Pr = 5.885$.

The numerical results are presented by the pressure drop, temperature distribution, stream lines, and local and mean heat transfer coefficients.

5.1 Pressure Drop

The effect of inserting metal foam blocks on the pressure distribution along the channel is demonstrated in **Fig.6**. It is obvious that the pressure drop in the case of metal foam insertion is much greater than that in the fluid case. This is due to the permeability of the metal foam and the tortuous paths inside the porous structure. Also, it can be noticed form **Fig.6** that the pressure has been dropped linearly through the metal foam blocks. This is can be attributed to the low value of fluid velocity throughout the channel.

5.2 Temperature Distribution

In general, the presence of metal foam blocks caused to discretize the growth of thermal boundary layer along the channel. In addition, the growth of subsequent thermal boundary layer after each metal foam block is retreated due to the disturbance which arising from the fluid flowing through the metal foam blocks.

The effect of metal foam insertion (MFI) on the temperature contours along the channel is shown in **Figs.7**, **8**, **9**, and **Fig.10**. The temperature contours show that when metal foam blocks are added, a great reduction in the wall temperature value is observed that a companied with a noticeable increase in the working fluid temperature. The overall heat transfer processes are improved by the inserting of metal foam blocks where part of heat is transferred from the heat source by means of conduction through the solid matrix and the other part is transferred by means of convection to the incoming fluid that passed through the metal foam blocks.

Fig.7 and **Fig.8** show the influence of solar radiation intensity variation on the temperature contours along the channel without and with metal foam insertion, respectively. The value of solar radiation intensity has been taken for different time at 12:00 PM (938 W/m^2) and 04:00 PM (515 W/m^2) on the 7th of July. It can be seen that the impact of solar radiation intensity change is unclear with respect to the temperature contours along the channel. This is due to the working fluid nature and the limitation of the solar radiation intensity.

Fig.9 and **Fig.10** show the effect of Reynolds number variation on the thermal boundary layer growth for $Gr = 4.5 \times 10^5$ (I=649 W/m^2). It is obvious that the temperature is inversely proportional with the Reynolds number values. The retreat in the growth of thermal boundary layer was a consequence of increasing Reynolds number.

5.3 Streamlines

The effect of metal foam insertion (MFI) on the streamlines along the channel is shown in **Figs.11, 12**, **13**, and **Fig.14**. It can be noticed that the distortion of streamlines becomes more pronounced in the case of metal foam insertion in comparing with the clear fluid case.

Fig.11 and **Fig.12** show the effect of solar radiation intensity variation on the streamlines along the channel. It shows the deviation of streamlines in the opposite direction of gravity and

this deviation is increased as the fluid flows further through the channel. This is due to the increasing of buoyancy effect as the fluid temperature is increased. The Grashof number variation is diminished in the case of channel with metal foam blocks, due to the distortion that existed by the presence of the foam blocks, the working fluid nature, and the low value of the solar radiation intensity.

Fig.13 and **Fig.14** present the effect of Reynolds number variation on the streamlines for $Gr = 4.5 \times 10^5$. It shows that the Reynolds number increase has an inverse influence on the streamlines deviation because of higher inertia effect and low fluid temperature gradient.

5.4 Local and Mean Heat Transfer Coefficient

The effect of inserting metal foam blocks on the heat transfer coefficient is presented in **Figs.15**, and **16**. It can be seen that the local heat transfer coefficient in the case of channel with metal foam insertion is higher than the clear fluid case as the thermal boundary layer has faded through the metal foam blocks. The expected enhancement that obtained by metal foam integration had been checked based on the enhancement in mean heat transfer coefficient that given in Eq. (19). The ratio of the mean heat transfer coefficient with metal foam to that without metal foam ranges from 1.8 to 2.3 as shown in **Fig.16**. The obtained enhancement result was adapted in the design consideration for choosing the riser's length.

Fig.17 and **Fig.18** show the influence of solar radiation intensity variation on the heat transfer coefficient for both cases (with and without metal foam insertion). It can be noticed that the heat transfer coefficient was not affected by the change of solar radiation intensity in the case of channel with metal foam insertion. But, it changed slightly in the clear fluid case where it increased as the solar radiation intensity increased. This is due to the buoyancy effect which caused an increasing in the fluid velocity near the heated wall.

Fig.19 and **Fig.20** show the effect of Reynolds number variation on the heat transfer coefficient for both cases (with and without metal foam insertion). It can be seen that the heat transfer coefficient is directly proportional to the Reynolds number for the same Grashof number value. This increase in Reynolds number causes a reduction in the thermal boundary layer thickness with the domination of the incoming cold fluid and larger fluid mixing which increases the heat transfer coefficient.

6. Conclusions

1- The fluid temperature for the case of inserting metal foam blocks is greater than that in the case of without metal foam blocks (fluid case).
2- The variation of the heat flux has lower effect on the heat transfer characteristics for the channel with metal foam insertion.
3- The local and mean heat transfer coefficient increases with the increase of the Reynolds number.
4- The enhancement in the mean heat transfer coefficient for the case of metal foam insertion is found to be more than 80% in comparison with that of the fluid case.
5- The insertion of metal foam blocks caused an increasing in the pressure drop.

REFERENCES

- Abbas H. Hajeej, 2016, *Experimental Investigation of Convection Heat Transfer Enhancement in Horizontal Channel Provided with Metal Foam Blocks*, University of Baghdad, Journal of Engineering, Vol.22, No.5, PP.144-161.
- Ashby, M.F., Evans, A.G., Fleck, N.A., Gibson, L.J., Hutchinson, J.W. and Wadley, H.N.G., 2000, *Metal Foams: a Design Guide*, Butterworth-Heinemann, Boston, MA.
- Calmidi, V.V., and Mahajan, R.L.,1999, *The effective Thermal Conductivity of High Porosity Metal Foams*, ASME Journal of Heat Transfer, Vol. 121, PP. 466–471.
- Camelia Stanciu, and Dorin Stanciu, 2014, *Optimum tilt angle for flat plate collectors all over the world*, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 81, PP. 133–134.
- Chih-Cheng Chen, and Po-Chuan Huang, 2012, *Numerical study of heat transfer enhancement for a novel flat-plate solar water collector using metal-foam blocks*, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.81, PP. 6734–6756.
- D. Bhargavi and V.V. Satyamurty, 2011, *Optimum Porous Insert Configuration for Enhanced Heat Transfer in Channels*, Journal of Porous Medium, Vol. 14, No. 3, PP.187-203.
- Duffie, J.A., Beckman, W. A, *Solar Engineering of Thermal Process*, Wiley Interscience Publications, John Wiley & Sons, New York (2013).
- Wu-Shung Fu, Hsin-Chien Huang, and Wei-Yan Liou, 1996, *Thermal enhancement in laminar channel flow with a porous block*, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 39, No. 10, PP.2165-2175.
- G. Iordanou, 2009, *Flat-plate solar collectors for water heating with improved heat transfer for application in climatic conditions of the Mediterranean region*, Ph.D. Thesis, University of Durham.
- Hadim A. 1994, *Forced convection in a porous channel with localized heat sources*, ASME, Journal of Heat Transfer; Vol.116, PP.465–471.
- Holman J. P.,"Heat Transfer, 10th Edition", McGraw-Hill Higher Education, (2010).
- M. K. Al-Nimar, and M. k. Alkam, 1999, *Solar Collectors with Tubes Partially Filled with Porous Substrate*, ASME, Journal of Solar Engineering, Vol. 121, PP.20-24.
- Nield D. A., and Bejan A., *Convection in Porous Media*, New York, Springer, (2006).
- Paisarn Naphon, 2005, *Effect of Porous Medium on Thermal Performance of the Double-Pass Flat Plate Solar Air Heater*, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 32, PP. 140-150.
- Suhas V. Patankar, *Numerical heat transfer and fluid flow*, New York: McGraw-Hill; (1980).
- Po-Chuan Huang, Chih-Cheng Chen, and Hsiu-Ying Hwang, 2013, *Thermal enhancement in a flat-plate solar water collector by flow pulsation and metal-foam blocks*, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 61, PP.696–720.
- Ranjithkumar K., Pradeep Kumar S. L., and Jayaprakash L., 2015, *Design and Thermal Analysis of Solar Plate Collector with and without Porous Medium*, International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology, Vol.4, No.2, PP. 447-457.

NOMENCLATURE

C= inertia coefficient.
C_p=specific heat at constant pressure, J/kg.K.
Da= Darcy number.
D_h = Hydraulic diameter (D_h=H), m.
g = gravitational acceleration, m/s^2.
Gr = Grashof number.
H = channel height, m.
h = local heat transfer coefficient, W/m^2.K.
I = Solar radiation intensity, W/m^2.
k = thermal conductivity, W/m .K.
L = Risers length (length of the physical domain), m.
l = Length of the computational domain, m.
Nu = Nusselt number.
p = pressure, pa.
Pr = Prandtl Number.
q = heat flux, W/m^2.
Re= Reynolds number.
Ri= Richardson number.
K = permeability of the porous medium, m^2.
s = porous block spacing, m.
T = temperature, °C.
u = axial velocity, m/s.
v = transverse velocity, m/s.
w = width of the copper foam block, m.

Greek Symbols

ν = kinematic viscosity, m^2/s.
β = thermal expansion coefficient, 1/K
ε = porosity.
μ = dynamic viscosity, kg m/s.
ρ = density of water, kg/m^3.
λ = Thermal conductivity ratio
γ = Collector inclination angle, ^{o}
ω = vorticity, 1/s
Ψ = Stream-function, m^2/s

Subscripts

ab = absorbed.
eff = effective.
f = fluid.
i = inlet.
m = mean.

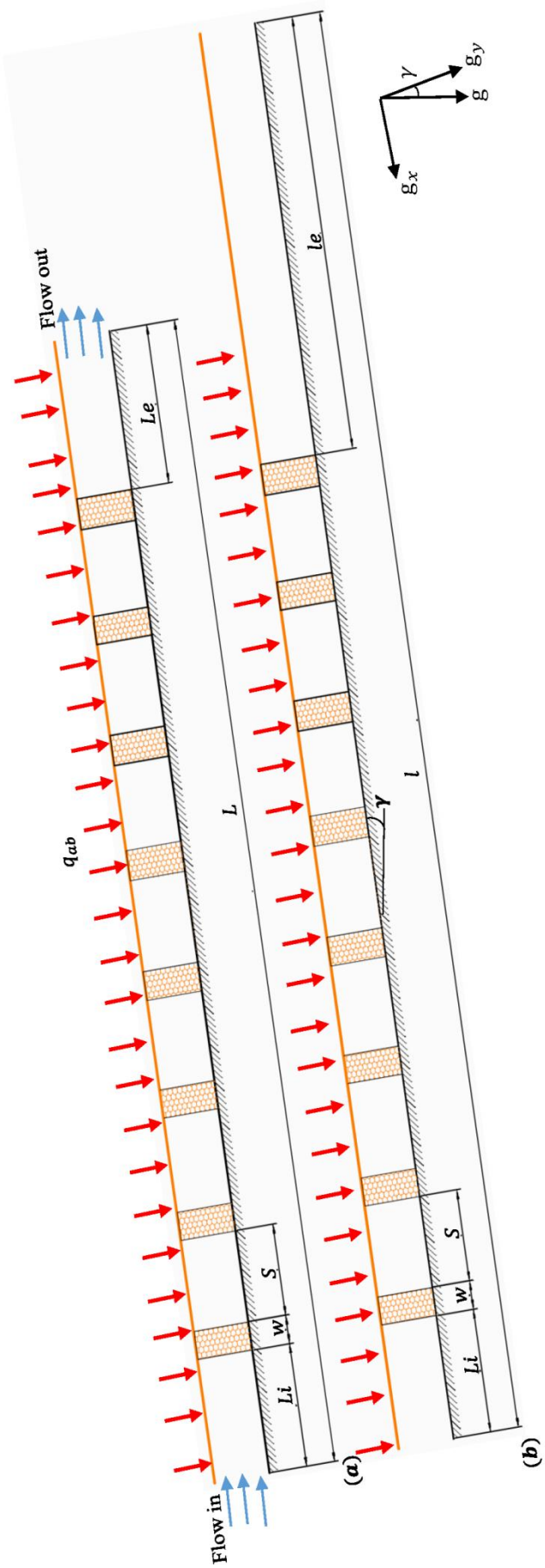


Figure 1. (a) Schematic Diagram of the Physical Domain, **(b)** Schematic Diagram of the Computational Domain.

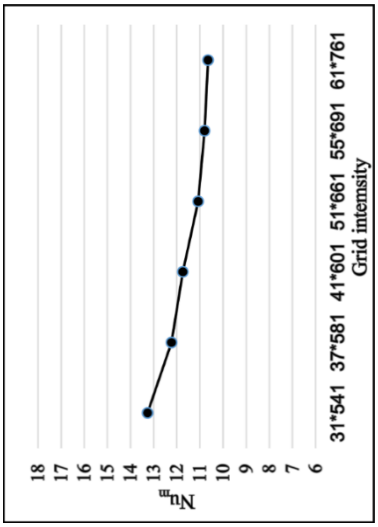


Figure 2. Grid Independency Curve.

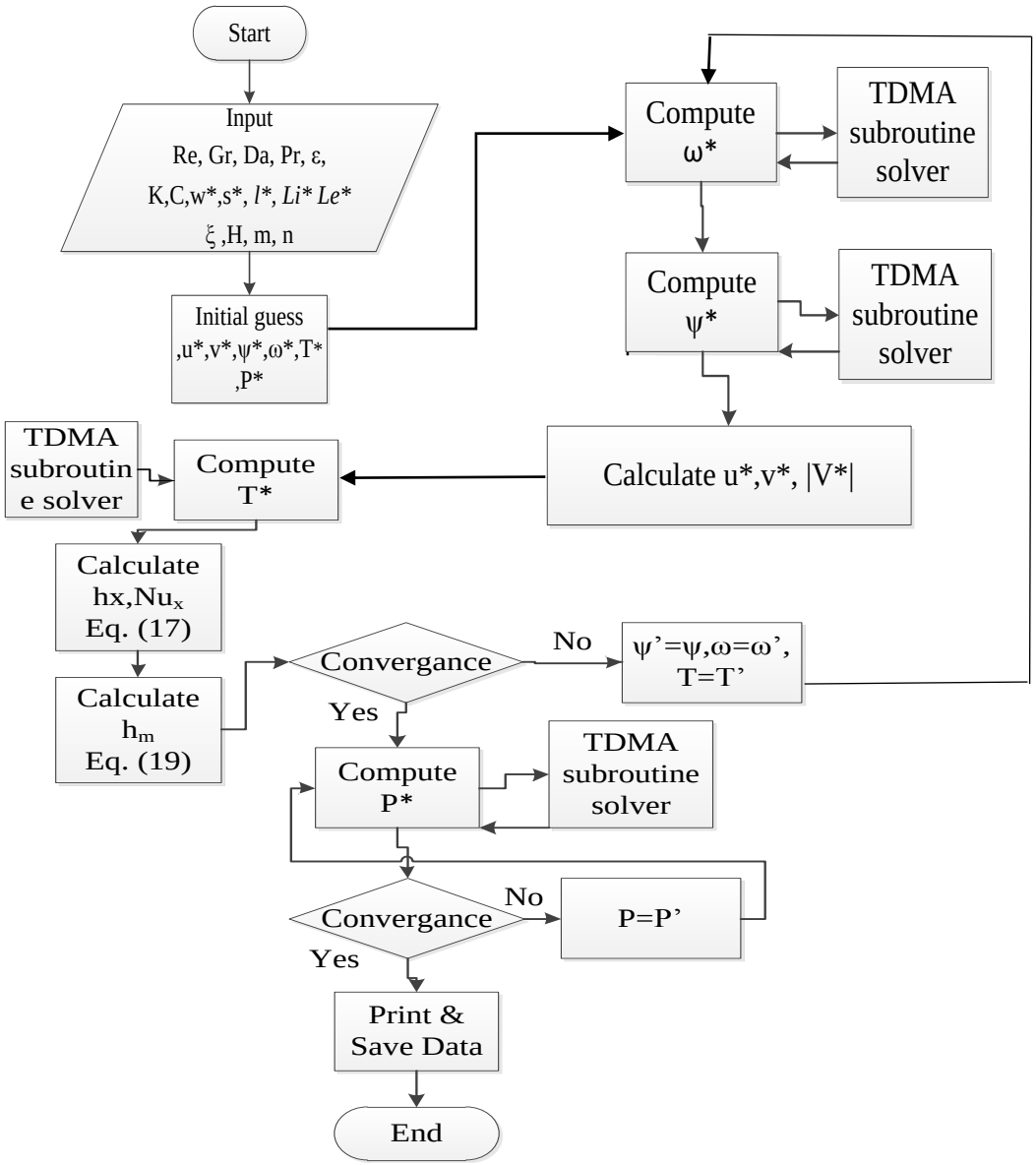


Figure 3. Flow Chart for the Computer Program.

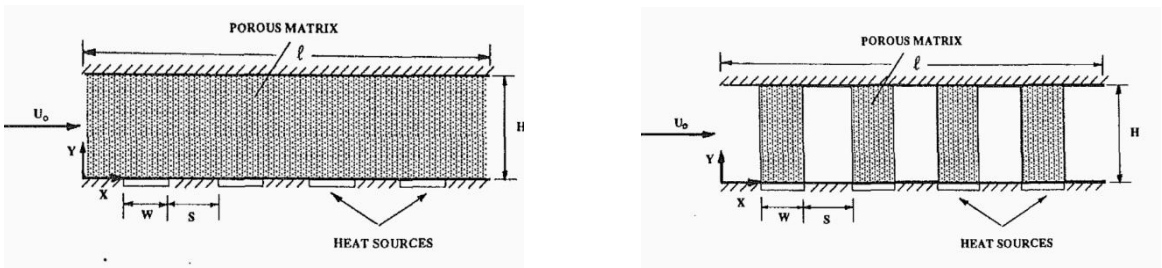


Figure 4. Physical Domain studied by **(Hadim, 1994)**.

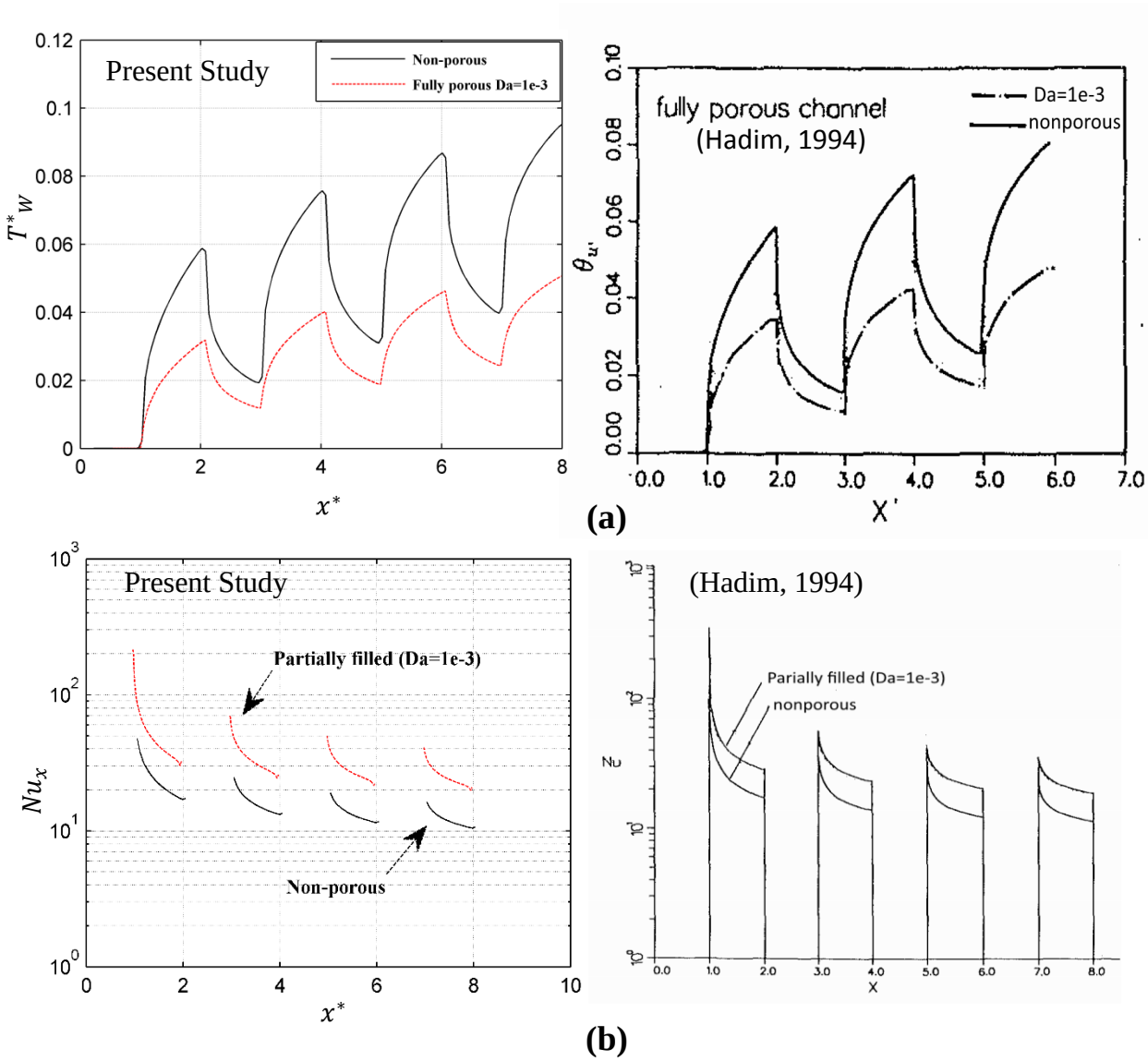


Figure 5. (a) Wall Temperature and **(b)** Local Nusselt number, Distribution along the Channel with and without MFI for Re= 250.

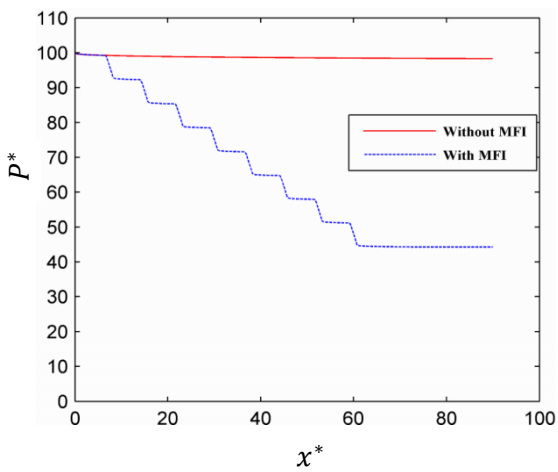


Figure 6. Local Dimensionless Pressure Distribution along the Channel with and without MFI for Re= 416.14, Gr=4.5×10^5.

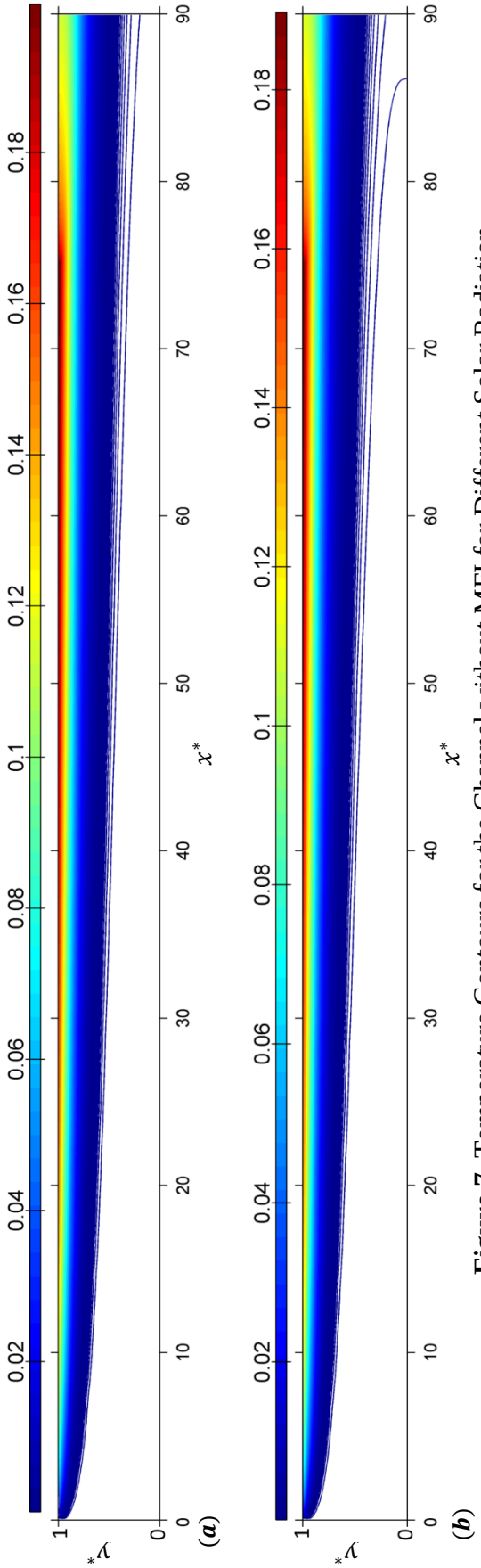


Figure 7. Temperature Contours for the Channel without MFI for Different Solar Radiation Intensity and Re=416.14, **(a)** I=515 W/m^2 & Gr = 5.15×10^5, **(b)** I=938 W/m^2 & Gr = 1.44×10^6,

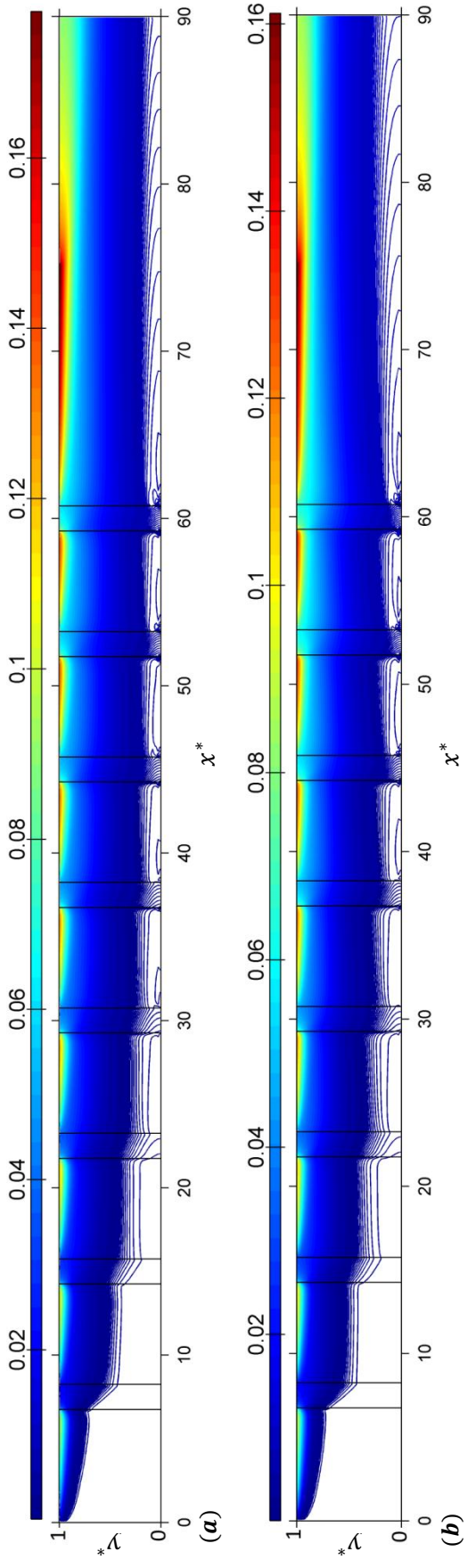


Figure 8. Temperature Contours for the Channel with MFI for Different Solar Radiation Intensity and Re=416.14, **(a)** I=515 W/m^2 & Gr = 5.15×10^5, **(b)** I=938 W/m^2 & Gr = 1.44×10^6,

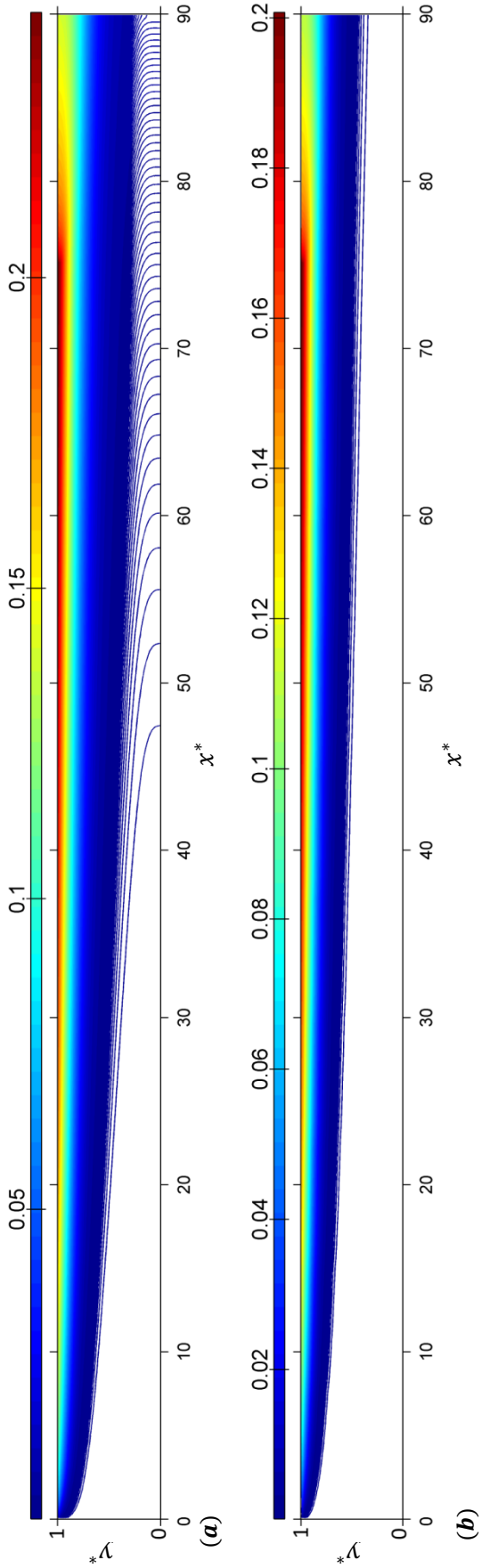


Figure 9. Temperature Contours for the Channel without MFI with Gr =4.5×10^5 and **(a)** Re =208, **(b)** Re = 624.22.

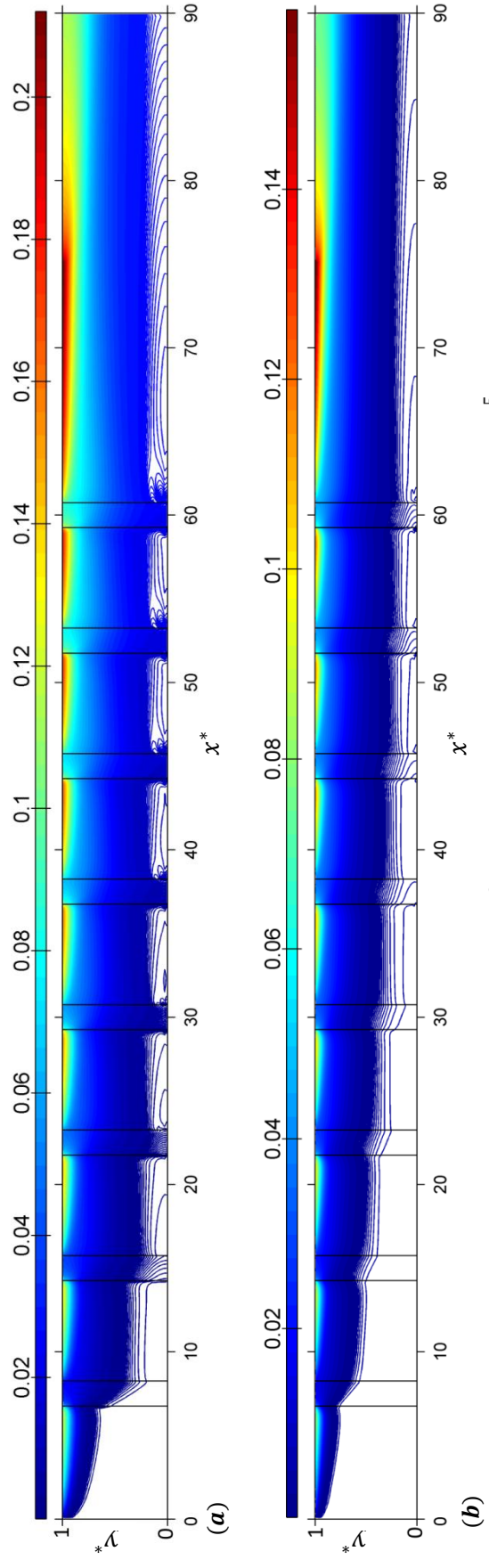


Figure 10. Temperature Contours for the Channel with MFI with Gr =4.5×10^5 and **(a)** Re =208, **(b)** Re = 624.22.

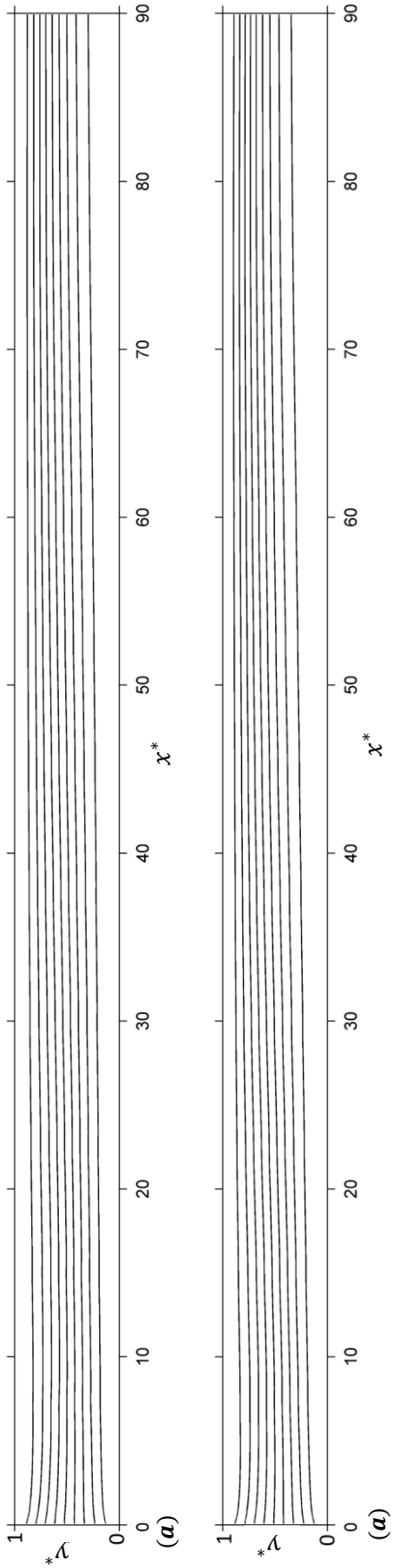


Figure 11. Streamlines for the Channel without MFI for Different Solar Radiation Intensity and Re=416.14, **(a)** I=515 W/m^2 & Gr = 5.15×10^5, **(b)** I=938 W/m^2 & Gr = 1.44×10^6,

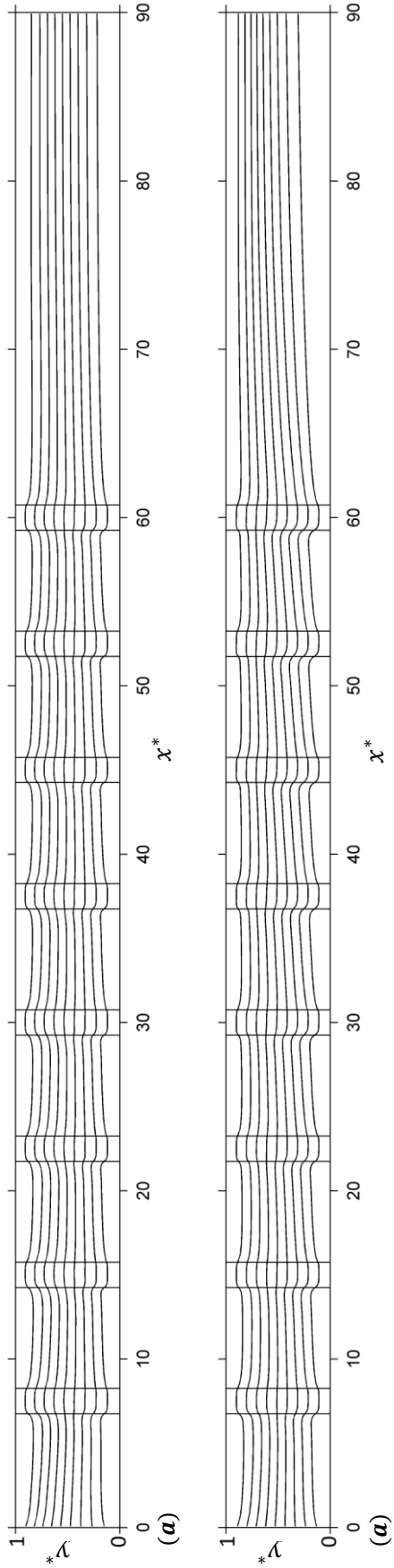


Figure 12. Streamlines for the Channel with MFI for Different Solar Radiation Intensity and Re=416.14, **(a)** I=515 W/m^2 & Gr = 5.15×10^5, **(b)** I=938 W/m^2 & Gr = 1.44×10^6,

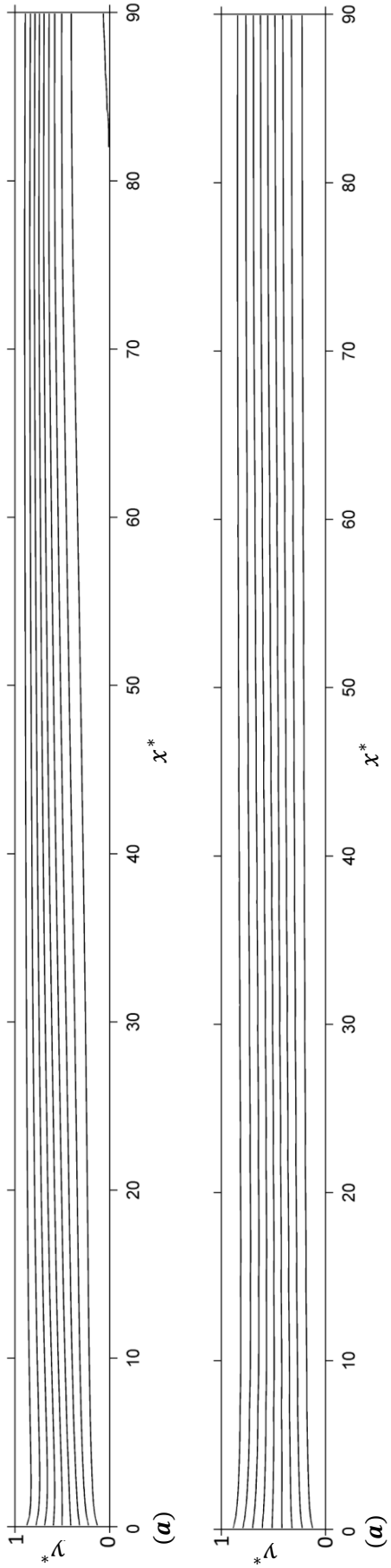


Figure 13. Streamlines for the Channel without MFI with Gr =4.5×10^5 and **(a)** Re =208, **(b)** Re = 624.22.

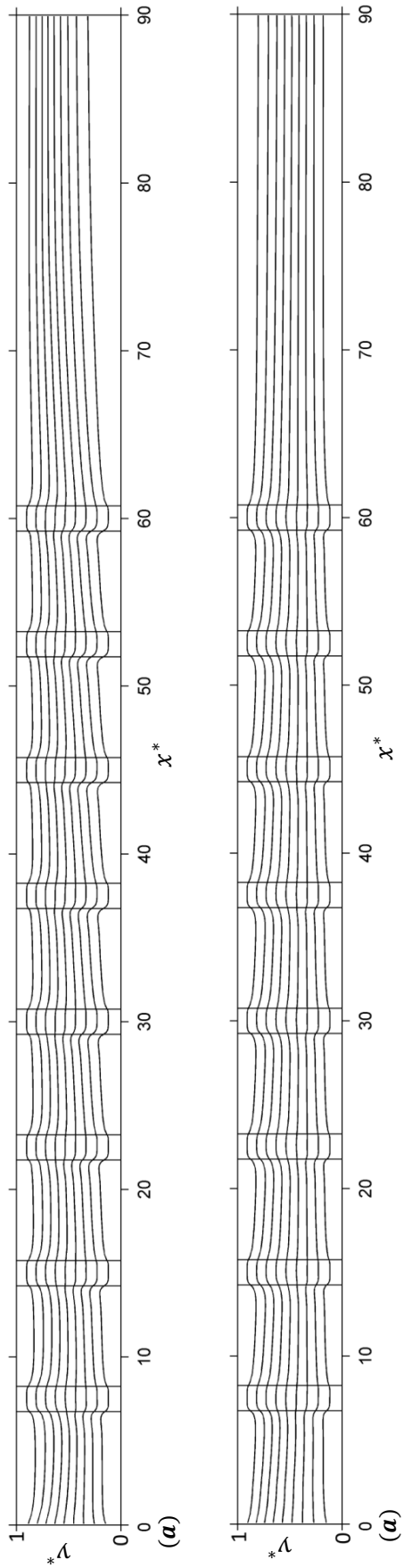


Figure 14. Streamlines for the Channel with MFI with Gr =4.5×10^5 and **(a)** Re =208, **(b)** Re = 624.22.

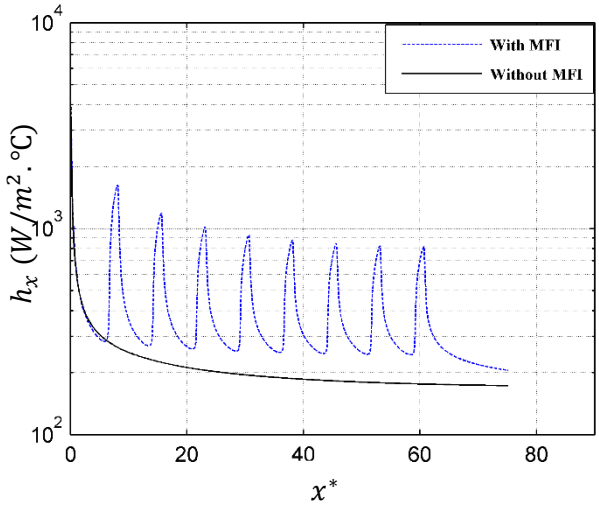


Figure 15. Local Convection Heat Transfer Coefficient Distribution along the Channel with and without MFI for Re= 208.07, Gr=4.5×10^5.

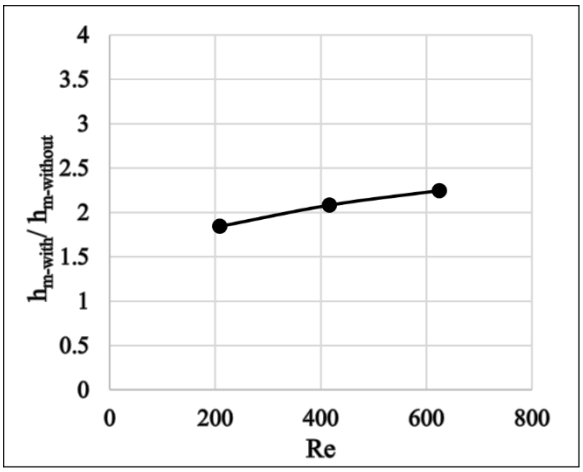


Figure 16. Variation of Heat Transfer Enhancement Factor with Different Reynolds No. and for Gr=4.5×10^5.

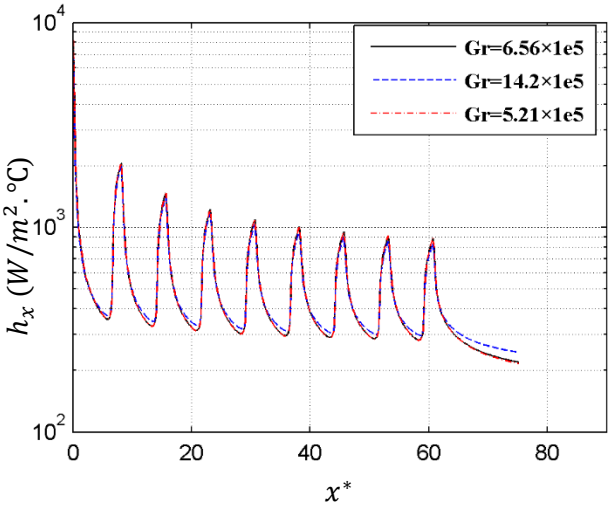


Figure 17. Local Convection Heat Transfer Coefficient Distribution along the Channel with MFI for Re= 416.14.

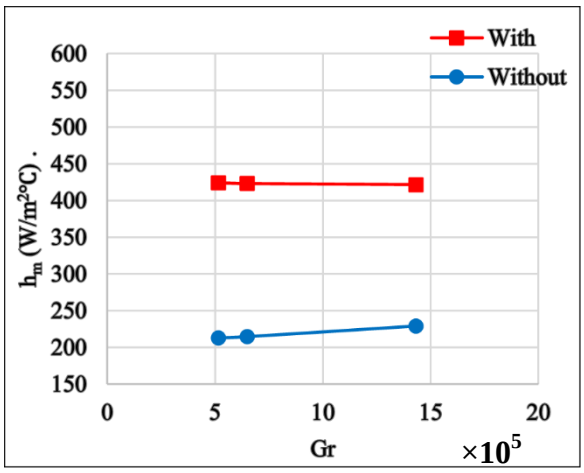


Figure 18. Mean Convection Heat Transfer Coefficient for the Channel with and without MFI for Re= 416.14.

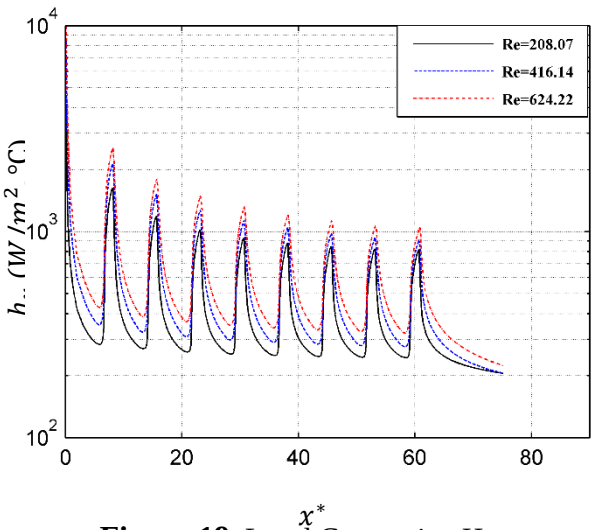


Figure 19. Local Convection Heat Transfer Coefficient Distribution along the Channel with Gr =4.5×10^5.

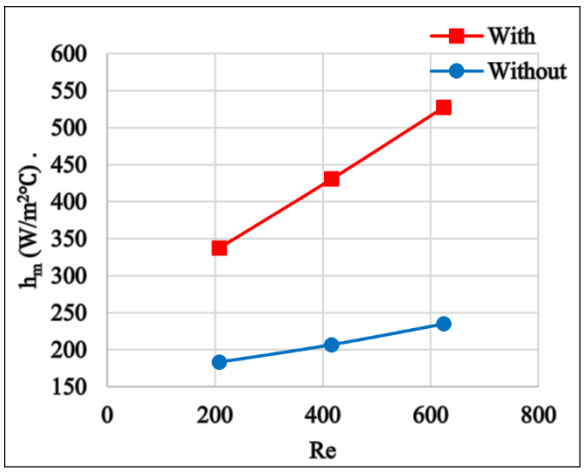


Figure 20. Mean Convection Heat Transfer Coefficient for the Channel with and without MFI for Gr =4.5×10^5.

Reservoir Characterizations and Reservoir Performance of Mishrif Formation in Amara Oil Field

Hussain Ali Baker
Lecturer
Engineering College-Baghdad University
E-mail:ha.baker@yahoo.com

Alaa Shihan Awad
Master Student
Engineering College-Baghdad University
E-mail:alrikabyalaa@gmail.com

ABSTRACT

Mishrif Formation is the main reservoir in Amara Oil Field. It is divided into three units (MA, TZ1, and MB12). Geological model is important to build reservoir model that was built by Petrel -2009. FZI method was used to determine relationship between porosity and permeability for core data and permeability values for the uncored interval for Mishrif formation. A reservoir simulation model was adopted in this study using Eclipse 100. In this model, production history matching executed by production data for (AM1, AM4) wells since 2001 to 2015. Four different prediction cases have been suggested in the future performance of Mishrif reservoir for ten years extending from June 2015 to June 2025. The comparison has been made between these different cases to select the best case for developing the field that gives the highest recovery factor. The case-4 was chosen to be the best case involved adding 20 vertical production wells, 5 horizontal production wells and 5 vertical injection wells in the reservoir with plateau rate of 50MSTB/D in starting of prediction and dropping to reach 13.5 MSTB/D in end of the prediction and the cumulative production from the reservoir equal to 82 MMSTB and recovery factor reaching 9.06% at the end of 2025.

Key words: Amara field, geological model, history matching, reservoir performance prediction.

الخواص المكمنية والأدائية المكمنية لتكوين المشرف / حقل العمارة

حسين علي باقر
مدرس
كلية الهندسة-جامعة بغداد

علاء شيحان عواد
طالب ماجستر
كلية الهندسة-جامعة بغداد

الخلاصة

يعتبر مكمن المشرف المكمن الرئيسي في حقل العمارة النفطي حيث يقسم الى ثلاث وحدات (MA, T.Z1, MB11) . الموديل الجيولوجي مهم جداً لبناء الموديل المكمني حيث ينفذ الاول بواسطة برنامج Petrel-2009 . طريقة FZI تستخدم لايجاد العلاقة بين المسامية والنفاذية لبيانات اللباب والقيم النفاذية الناتجة توزع على كافة مناطق المكمن. الموديل المكمني ينفذ بواسطة برنامج ECLIPSE 100 حيث تم في هذا الموديل ربط تاريخي للبيانات الانتاجية للبئرين (AM1, AM4) وبيدأ في العام 2001وينتهي في 2015. تم أقتراح اربع حالات للتنبأ المستقبلي لسلوك المكمن ولمدة عشرة سنوات بين الفترة (2015-2025) . المقارنة بين الحالات الاربعة أظهرت أن الحالة الرابعة هي من أفضل الحالات للسلوك المكمني بالاعتماد على أعلى عامل أستخلاص حيث شملت حفر 20 بئر عمودي أنتاجي، 5 بئر أفقي أنتاجي، 5 بئر عمودي لحقن الماء مع معدل سقف أنتاجي وصل الى 50 الف برميل/يوم عند بداية التنبأ وأنخفض الى 13.5 الف

برميل/يوم عند نهاية التنبأ وتراكم أنتاجي وصل الى 82 مليون برميل مع عامل أستخلاص 9.06 % عند نهاية العام 2025.

الكلمات الرئيسية: حقل العمارة، الموديل الجيولوجي، الربط التاريخي، التنبأ المستقبلي لسلوك المكمن .

1. GENERAL BACKGROUND

In the oil industry, reservoir modeling involves the construction of a computer model for a petroleum reservoir to improve estimation of reserves and making decisions regarding the development of the field. The purpose of simulation studies is to predict of the field performance under one or more producing schemes. Observation of the model performance under different producing conditions aids the selection of an optimal set of producing conditions for the reservoir.

1.1 Brief Idea about the Field

- Amara field locates at south east of Iraq in Missan province, about 10 Km south west of Amara city. It is surrounded by different oil fields as Al-Rafedain (Abu-Amoud), Al-Kumait**, Khanawi, et al, 2010** and a shown in **Fig.1**.
- Mishrif structure consist of single anticline with axis trending North West – South East, with structural length of about 18km and its width is 4.5km and overlain by the Khasib formation and underlain by the Rumaila formation**, Al-Khadimi, 1996**.
- Six wells were selected for this study because the available data when this study had been selected to build a geological and dynamic models.

1.2 Aims of Current Study

1. To build a geological model by using (***Petrel)*** software to simulate the structure in 3D and dividing the hydrocarbon strata according to the rock properties.
2. To build a reservoir model for the studied formation by using (***Eclipse 100***) software**.**
3. Improving and validating the reservoir model through history matching.
4. Suggesting development plans according to different scenarios for Amara field/Mishrif formation to maximize the oil production.

1.3 Previous Studies on Amara Field

Basra Oil Company conducted a seismic survey of the area Amara–Halfaya in 1957/1958 and the structure of Amara field. The results show that Amara structure in north-east from the structure of Halfaya. National Oil Company conducted a seismic survey of the area Amara-Halfaya in 1974 and structural image shown in Amara structure closed in lower Faris and Tanuma formations. In 1980, a study prepared to reinterpretation of area Amara-Halfaya and this study is clarified only part of eastern extension for Amara structure. A study prepared by Italian contractor (AGIP), in 1981 and explained differences in characteristics of Amara structure and the final appeared in closed form**, Khanawi, et al, 2010**. Another study is the pre-feasibility study for Amara oil field development by Vietnam oil and Gas Company was prepared in 1998**, Petro Vietnam, 1998.** This study described the three productive reservoirs in Amara oil field from a geological and reservoir perspective, and also included calculations for the stock tank initially oil in place for each reservoir (Khasib, Mishrif and Nahr Umr). The final study was prepared in 2010**, Khanawi, et al, 2010**, which included evaluation of Mishrif and Nahr Umr formations and calculation of oil in place.

2. DEVELOPMENT OF HYDRAULIC FLOW UNIT CONCEPT (HFU)

A hydraulic flow unit is defined as the representative volume of total reservoir rock within which geological properties that control fluid flow are internally consistent and predictably different from properties of other rocks**, Abbaszadeh, 1996**.

2.1 FZI Technique

Amaefule, et al, 1993, addressed the variability of Kozeny's constant by dividing Equation 2.1 by the effective porosity, $Ø_e$ and result in Equation 2.2.

$$k = \left[\frac{Ø_e^3}{[1-Ø_e]^2}\right]\frac{1}{F_s \tau^2 S_{gv}^2} \quad (2.1)$$

$$0.0314\sqrt{\frac{k}{Ø_e}} = \left[\frac{Ø_e}{1-Ø_e}\right]\frac{1}{\sqrt{F_S \tau S_{gv}}} \quad (2.2)$$

Where the constant (0.0314) is the permeability conversion factor from μm^2 to md

Defining flow zone indictor FZI as:

$$FZI = \frac{1}{\sqrt{F_S \tau\, S_{gv}}} \quad (2.3)$$

Reservoir quality index RQI as:

$$RQI = 0.0314\sqrt{\frac{k}{Ø_e}} \quad (2.4)$$

Normalized porosity $Ø_z$ as:

$$Ø_z = \left[\frac{Ø_e}{1-Ø_e}\right] \quad (2.5)$$

Equation 2.2 becomes

$$FZI = \frac{RQI}{Øz} \quad (2.6)$$

Taking the logarithm of both sides of equation 2.6 yields

$$\text{Log RQI} = \text{Log } Ø_z + \text{log FZI} \quad (2.7)$$

The basis of HFU classification is to identify groups of data that form unit-slope straight lines on a log-log plot of RQI versus $Ø_z$. The permeability of a sample point is then calculated from a pertinent HFU using FZI value and the corresponding sample porosity using the following equation, **Al-Ajmi, 2000.** :

$$k = 1014\ FZI^2 [\frac{Ø_e^3}{[1-Ø_e]^2}] \quad (2.8)$$

3. STATIC MODEL (GEOLOGICAL MODEL)

Geological model is the main step of this study. It describes the underground formations and explains fault or fold effect if they found and it includes petrophysical properties distribution (porosity, permeability and water saturation). Petrel, 2009 software was used to build this model by loading the required data which are: well tops, well head, contour map, core data for some wells, Computer Processing Interpretation results (CPI) for some wells. As we know, the production capacity of a reservoir depends on its geometrical/ structural and petro physical characteristics. The availability of a representative static model is therefore an essential condition for the subsequent dynamic modeling phase. The procedure to build static model is as follows:

3.1 Structural Modeling

Mishrif structure consists of single anticline with axis trending North West – South East according to **Fig. 2** and **3.**

3.2 Stratigraphic Model

The development of the stratigraphic model is, without doubt, one of the most traditional tasks of the geologist, who must perform a well-to-well correlation with the aim of defining the stratigraphic horizons bounding the main geological sequences within the hydrocarbon formation, **Cosentino, 2001**. These data are used to create stratigraphic section and correlations, in terms of real depth or with respect to a reference level, through which we can generally identify the lines corresponding to significant geological variation. A cross-section through wells Am-1, Am-2, Am-3, Am-4, Am-5, Am-6 as shown in **Fig.4** was picked to correlate between them.

3.3 Petrophysical Model

This model has been done for each petrophysical property from CPI, **Salman, 2015**. It reflects the distribution of petrophysical properties which change in each zone of the Mishrif formation with depth along Amara field and also calculation of oil in place. The static or

geological model output data was used to build a dynamic model using Eclipse-100 software. Petrophysical model can be classified into:

A- Porosity model: Porosity data from output of logging process interpretation CPI of Mishrif reservoir, over the whole model (between node wells) were created using the sequential Gaussian simulation as executed in Petrel. The porosity model for units MA, T.Z1&MB11 of Mishrif formation is shown in **Fig. 5, 6, 7.**

B- Permeability model: Permeability model for the Mishrif reservoir was created by using sequential Gaussian simulation method for permeability data which were calculated using FZI technique for un-cored wells. The porosity model for units MA, T.Z1&MB11 of Mishrif formation is shown in **Fig. 8, 9, 10.**

C- Water saturation model: Water saturation values from Computer Processed Interpretation (CPI) of Mishrif formation were used. The same method of sequential Gaussian simulation as in the porosity model was adopted to build the saturation model as shown in **Fig. 11, 12, 13**.

3.4 Net to Gross Reservoir Estimation

Net pay is a key parameter in reservoir evaluation, because it identifies the penetrated geological sections that have sufficient reservoir quality and interstitial hydrocarbon volume to function as significant producing intervals. It contributes to the estimation of the hydrocarbon in place volume. Net Pay is quantified through the use of petrophysical cut-off that is applied to well log interpretation data. Cut-off is limiting values of formation parameters that remove non-contributing intervals, **Paul, 2009.** Petrel software was used to calculate net pay per gross for all wells, where the main input data were cut-off (porosity cut off=0.083, water saturation cut off=0.75) by equation in Peter software properties (NTG=if (prosity>0.083 and Saturation<0.75.1.0)).

3.5 Volumetric calculation

The volumetric method was applied to compute the hydrocarbon initially in place (HIIP). It was calculated for each unit of the reservoir by using the equation below:

$$HIIP = \frac{VB \times \emptyset \times (1 - Swi) \times NET/GROSS}{Boi} \quad (3.5)$$

HIIP: Original hydrocarbon in place (OIIP), sm^3.

VB: bulk volume, m^3.

$\emptyset$: Porosity, fraction.

Swi: Initial water saturation expressed as a fraction of the pore volume.

Boi: formation volume factor, under initial conditions, (Boi=1.4386 rm^3/sm^3, Rsi=134.91 rm^3/sm^3).

Table1. Shows the OIIP for Mishrif formation and a comparison of the results with estimates from previous studies.

4. DYNAMIC MODEL

Dynamic model is the second step of this study that it is considered the science of collecting mathematics, physics, computer programming, and reservoir engineering to improve a tool for predicting hydrocarbon reservoir performance under different operating strategies, **Aziz, 1979.**

4.1 History Matching

Generally, history matching is an inverse problem that involves adjusting model parameters (eq. permeability, porosity and other flow properties) until the simulation results from the reservoir model "fit" the observed (or dynamic) data, such as pressure and production data. Choosing the appropriate parameterization is helpful to obtain reliable production forecasting for reservoir development planning and optimization. The history matching of the wells performance for the reservoir under study was obtained by running the numerical model after changing the permeability distribution at every run (multiply permeability by certain factor for the reservoir under study) until a good matching between measured and calculated data was reached. History matching accomplished between calculated and measured data of production and pressure for wells (Am-1 and Am-4) after adjustment in permeability and rock compressibility values by multiplying the horizontal permeability of the reservoir by a factor of (2) and the vertical permeability by a factor of (1.8) for the model while the rock compressibility value was adjusted to $5*10^{-5}$ (bar^{-1}). The result is shown in **Fig.14, 15, 16, 17**.

5. PERFORMANCE PREDICTION

To accomplish the objective of this study, the future behavior of the reservoir under different conditions must be predicted after the reservoir modeling complete and consider that the model is representing the actual reservoir depending on the history matching, we will suggest four cases to monitor the reservoir behavior in the future under some conditions regarding the depletion of pressure, production plateau, recovery factor and water cut. All the scenarios are beginning from 2015 to 2025 regarding the minimum bottom hole flowing pressure equal to the bubble point pressure (228 kg/cm^2) or (3242psi) to avoid the two phase production at the sand face. We can classify future development plan to four cases:

1- Case-1: Adding 10 new vertical wells with production rates of Mishrif reservoir begin with 21 KSTB/D in June 2015 and decline to 9.2 KSTB/D at the end of prediction period in 2025. The water cut increased in this scenario to 9 % at end period of prediction with recovery factor 5.55% for the reservoir at end period of prediction. The result of this scenario is shown in **Fig. 18**.

2- Case-2: Adding 15 new vertical wells with production rates of Mishrif reservoir begin with 27.5 KSTB/D in June 2015 and decline to 10 KSTB/D at end of prediction period in 2025. The water cut increased in this case to 9 % at end period of prediction with recovery factor 6.1% for the reservoir at end of prediction. The result of this scenario is shown in **Fig. 19.**

3- Case-3: Adding 25 new vertical wells with production rates of Mishrif reservoir begin with 40.5 KSTB/D in June 2015 and decline to 14 KSTB/D at end of prediction in 2025. The

water cut increased through this case to 13.5 % at end of prediction time with recovery factor 8.2% for the reservoir in end of prediction. The result of this scenario is shown in **Fig. 20**.

4- Case-4: Adding20 new vertical wells, 5 horizontal wells and 5 injection wells with production rates of the reservoir begin with 50 KSTB/D in June 2015 and decline to 13.5 KSTB/D at end period of prediction in 2025. The water cut increased in this scenario to 43 % in end of prediction with recovery factor 9.06% for the reservoir in end period of prediction. The result of this scenario is shown in **Fig. 21**.

We can notice from the result that the case-4 is better than other cases with 20 vertical producer wells with 5 horizontal producer wells and 5 water injection wells with rate equal 50 MSTB/D at starting of prediction and 13.5MSTB/D at ending of prediction with recovery factor 9.06% and W.C equal 43% and shown in **Table 2**.

6. CONCLUSION

1- Geological model for Mishrif reservoir /Amara field has been constructed by PETREL program (version 2009) depending on data and Dynamic model has been constructed by Eclipse software.
2- The original oil in place (OIIP) estimation in geological model is $905*10^6$ STB. The value OOIP in this study that estimated is closely to the OOIP value in the OEC/2010 ($987*10^6$ STB)**.**
3- The history match was obtained by multiplying the horizontal permeability of the reservoir by a factor of (2) and the vertical permeability by a factor of (1.8) for the model while the rock compressibility value was adjusted to $5*10^{-5}$ (bar^{-1}) .
4- The best development plan for the reservoir is production from 20 vertical producer wells with 5 horizontal producer wells and 5 water injection wells at plateau rate 50 MMSTB at starting of prediction and decreased to 13.5 MMSTB at ending of prediction.

REFERENCES

- Abbaszadeh, M.D., Hikari Fujii, Fujio Fujimoto Dec., 1996: *Permeability Prediction by Hydraulic Flow Units-Theory and Applications*. SPE Formation Evaluation.

- Al-Ameri, T.K., Pitman, J., Naser, M.E., Zumberge, J., and Al-Haydari, H.A., 2010. Program oil generation of the Zubair Formation, Southern Iraq oil fields. Arab Journ. Geosc.p.4.

- Al-Khadimi, J. A., Sissakian, V. K., Fattah, A. S., and Deikaran, D. B., 1996. *Tectonic map of Iraq, (Scale: 1:1000000) S. E. of Geological Survey and, Mining,* Iraq.
- Al-Ajmi A.Fahad, Holditch A. Stephen, October, 2000: *Permeability Estimation Using Hydraulic Flow Units in a Central Arabia Reservoir*". SPE 63254, SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Dallas, Texas. 1-4.

- Amaefule, J.O., Altunbay, D., Tiab, D., Kersey, D.G., and Keelan, D.K., 1993: "*Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data to Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict Permeability in Uncored Intervals/Wells*". SPE 26436.

- Amaefule, J.O., Altunbay, D., Tiab, D., Kersey, D.G., and Keelan, D.K., 1993: "*Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data to Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict Permeability in Uncored Intervals/Wells*". SPE 26436.

- Aziz, K. and Settari, A., 1979 "*Petroleum Reservoir Simulation*" Applied Science Publishers.
- Vietnam Oil and Gas Corporation (Petro Vietnam), 1998, *Pre-Feasibility Study for Amara Oil Field Development*, Hanoi.
- Cosentino L: 2001"Integrated reservoir studies", Paris, Technip,.
- Khanawi, M.A, Abdu-Alahad, R.J., Sari, J.R., Abdu-Asaheb, H., Mohamed, A.H., Jaafer, K.H., Salman, S.J., 2010, *Geological evaluation study for Amara field*, Iraqi Oil Explorations Co.
- Paul F. Worthington, 2009 "*Net pay: what is it? What does it do? How do we quantify it? How do we use it?*", Gaffney, Cline & associates, SPE.
- Salman, Suhad Jawdat, 2015, *three dimensions geostatistical of Mishrif carbonate reservoir in Amara oil field*, M.SC. Thesis, Petroleum Engineering, University of Baghdad.

NOMENCLATURE

3D= three dimension

Boi= oil formation volume factor

rm^3= cubic meter in reservoir condition

sm^3= cubic meter in surface condition

CPI= computer process interpretation

FPR= average reservoir pressure

FPRH= average reservoir pressure history

FOPRH= field oil production rate history

FZI= flow zone indicator

K= permeability

OIIP= oil initially in place

Ø = porosity

Øe= effective porosity

Øz= normalized porosity

Rsi= solubility

STB= stock tank barrel

SCF= standard cubic foot

WOPR= well oil production rate

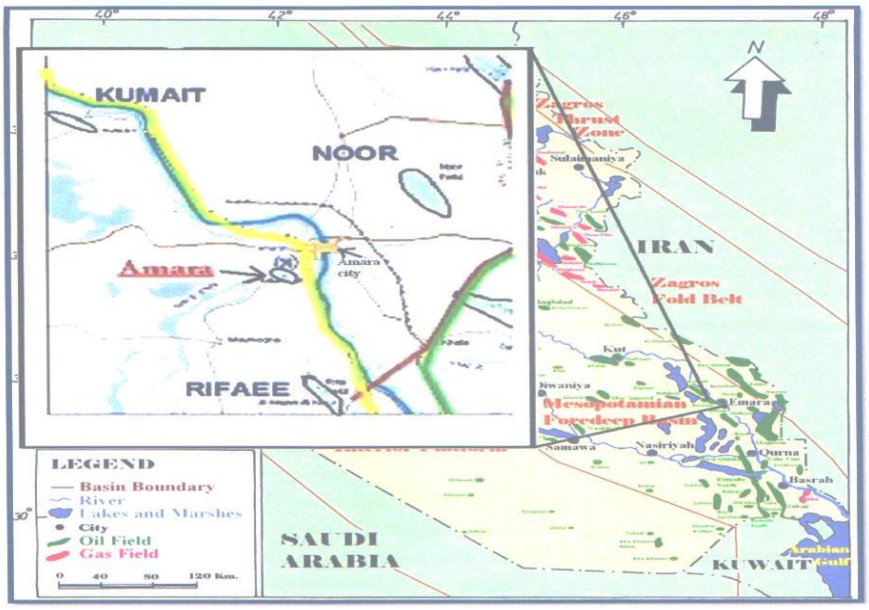


Figure 1. The map of the area showing Amara field, **Al-Ameri, 2010.**

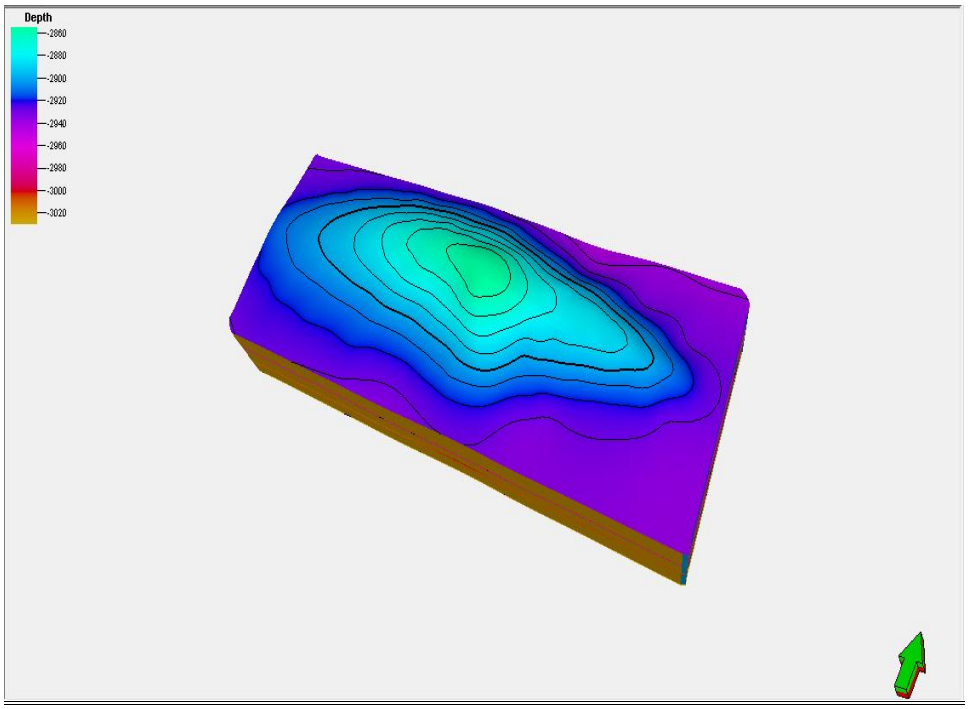


Figure 2. 3D structural reservoir model.

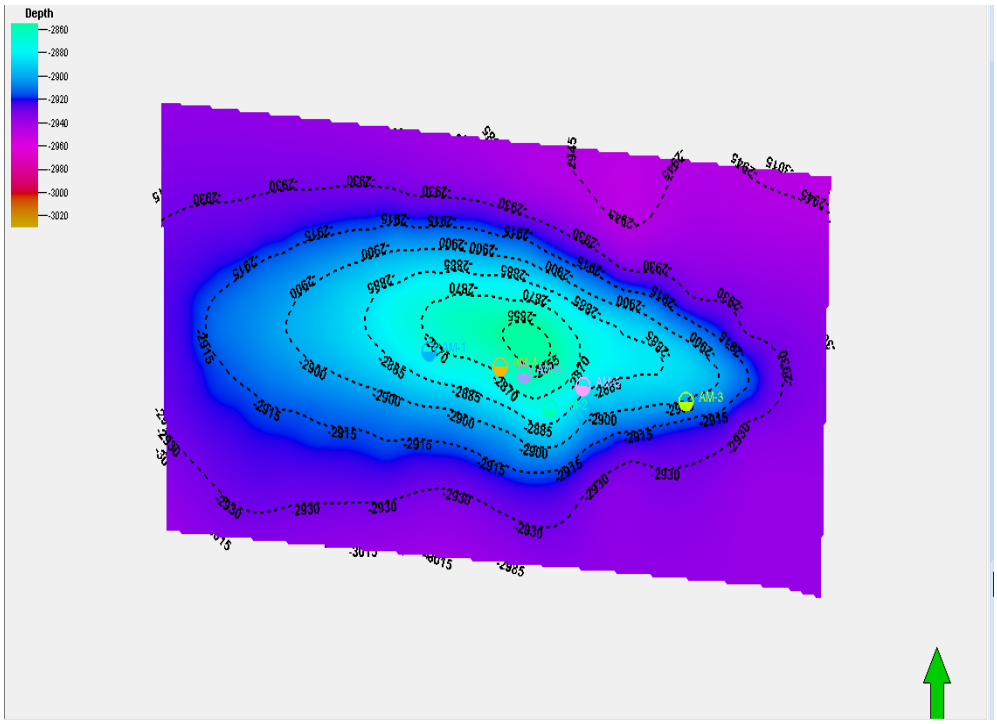


Figure 3. Contour map on top of Mishrif reservoir.

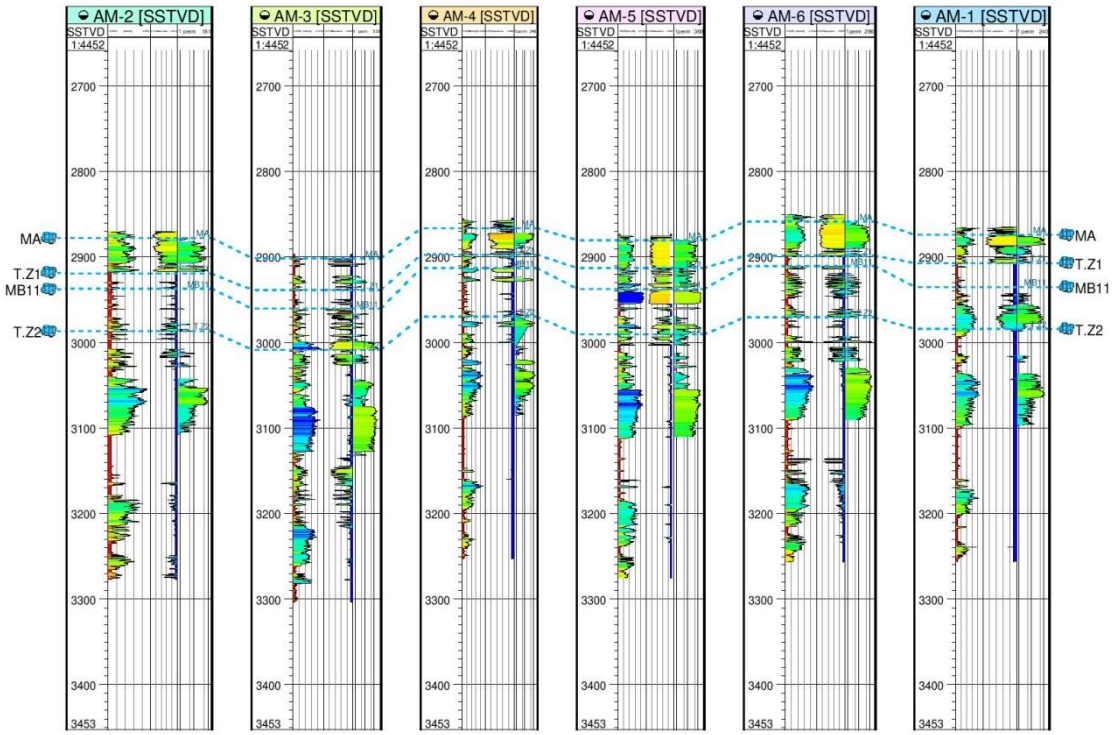


Figure 4. Well correlations for (AM-1, AM-2, AM-3, AM-4, AM-5, and AM-6) Mishrif formation**.**

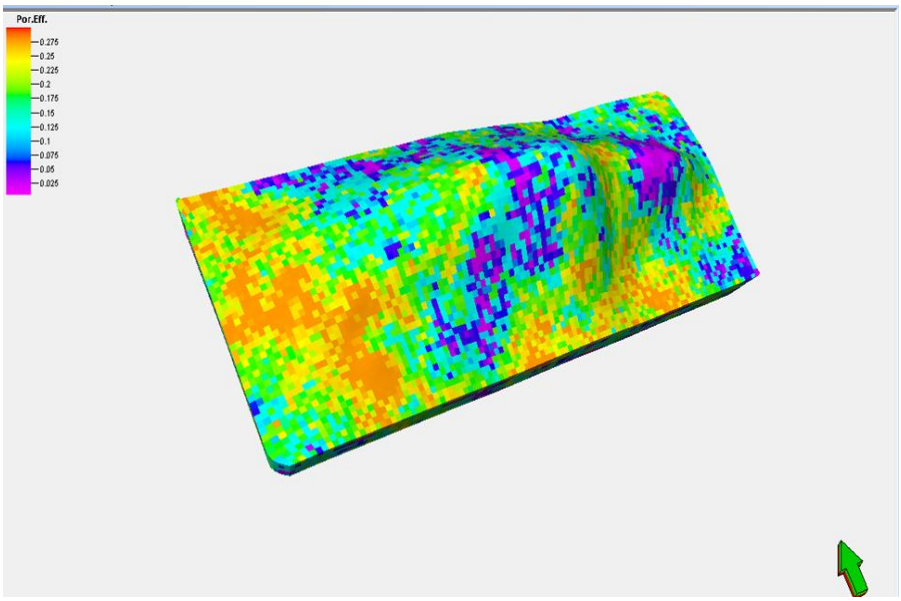


Figure 5. Porosity model for unit MA.

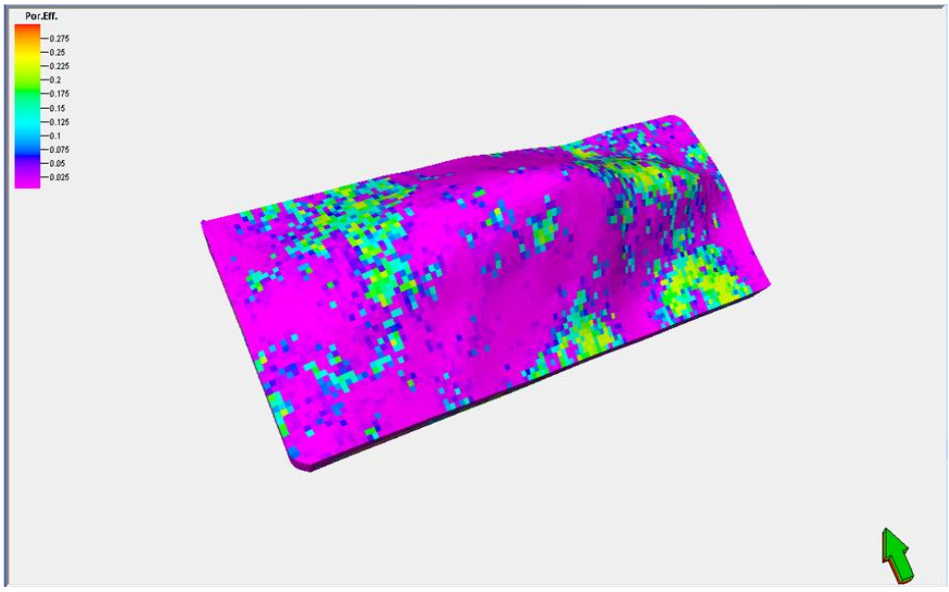


Figure 6. Porosity model for unit T.Z1**.**

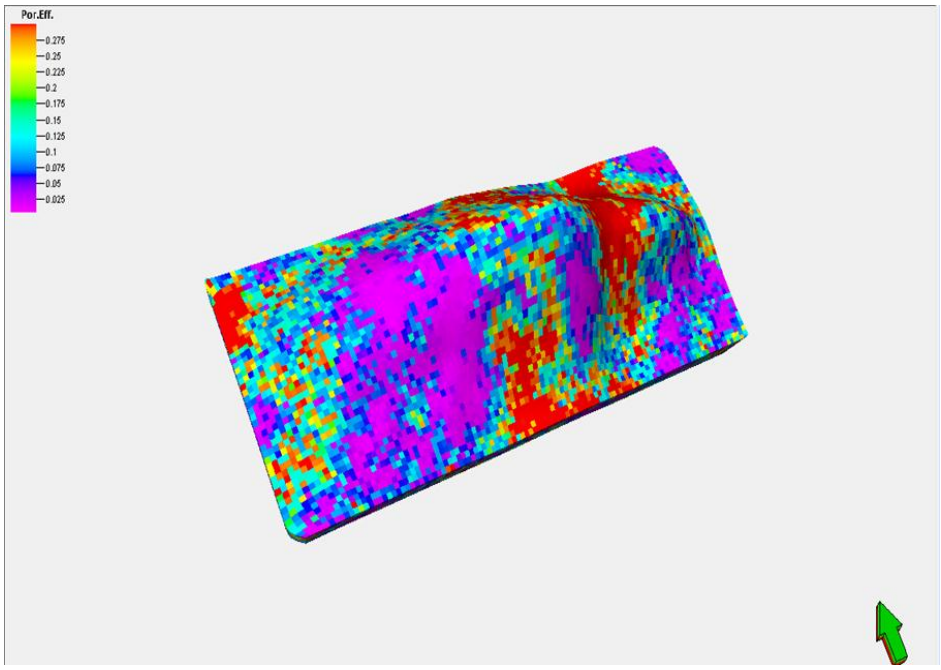


Figure 7. Porosity model for unit MB11.

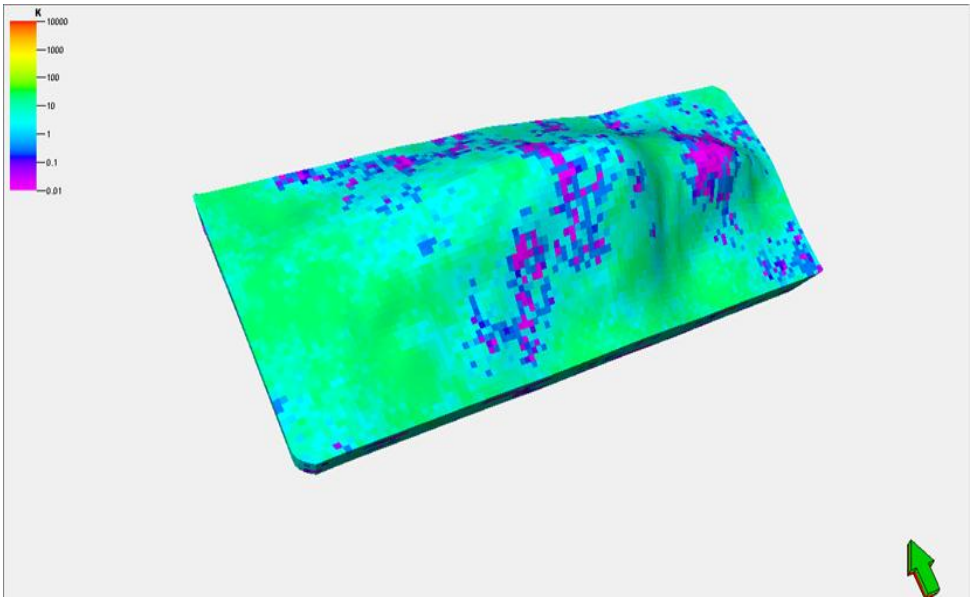


Figure 8. Permeability model for unit MA.

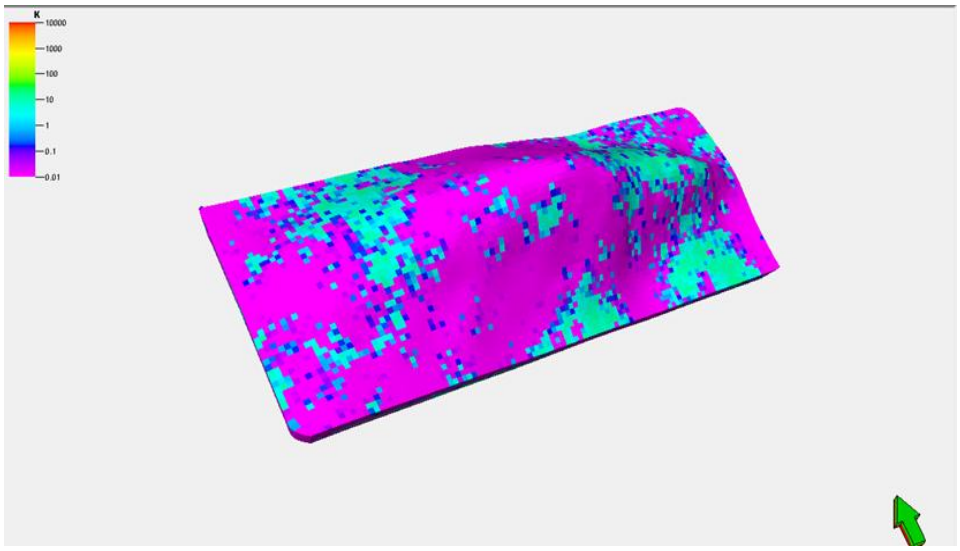


Figure 9. Permeability model for unit T.Z1.

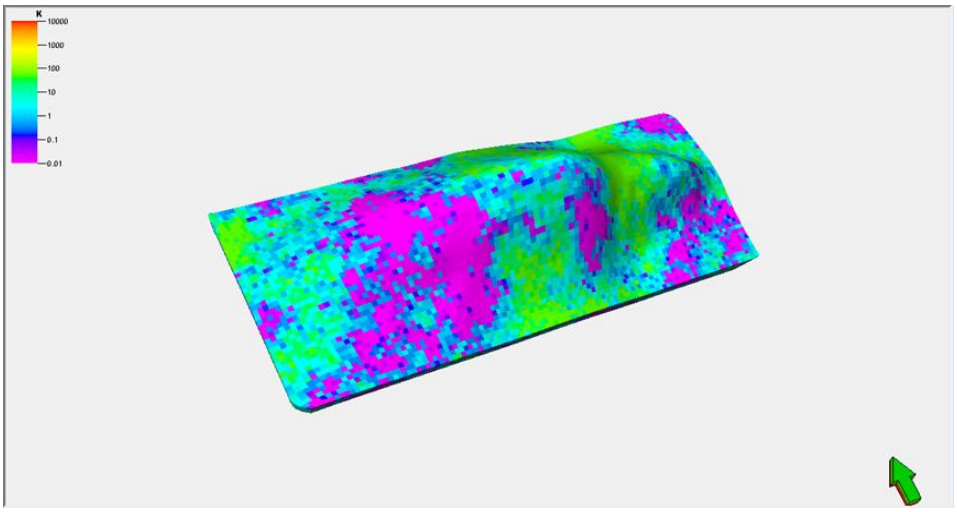


Figure 10. Permeability model for unit MB11.

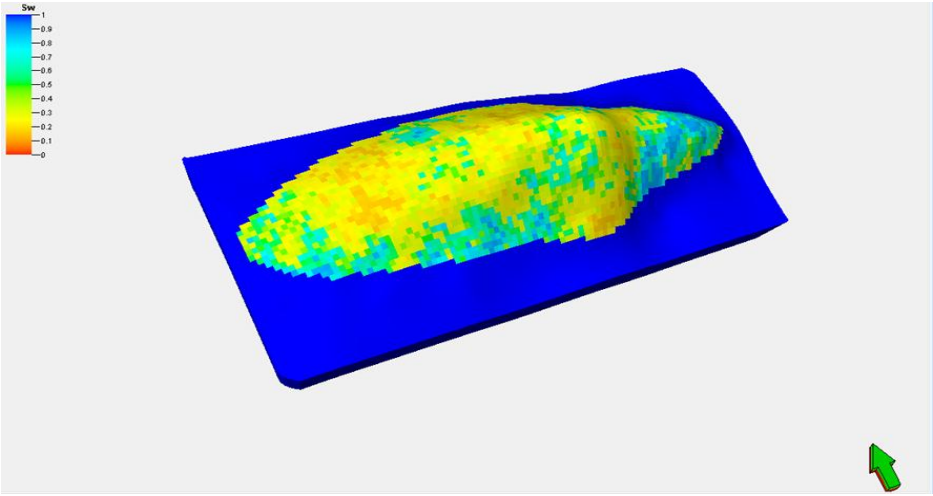


Figure 11. Water saturation model for unit MA.

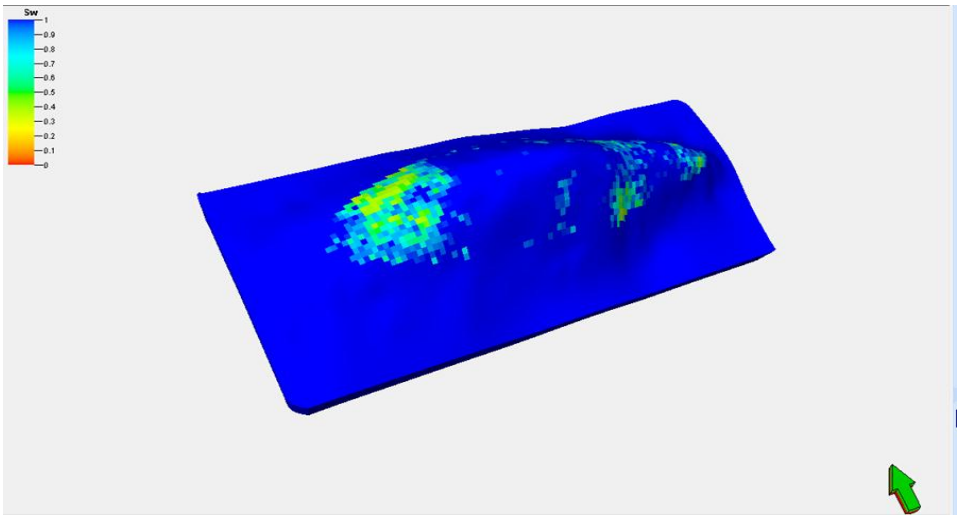


Figure 12. Water saturation model for unit T.Z1.

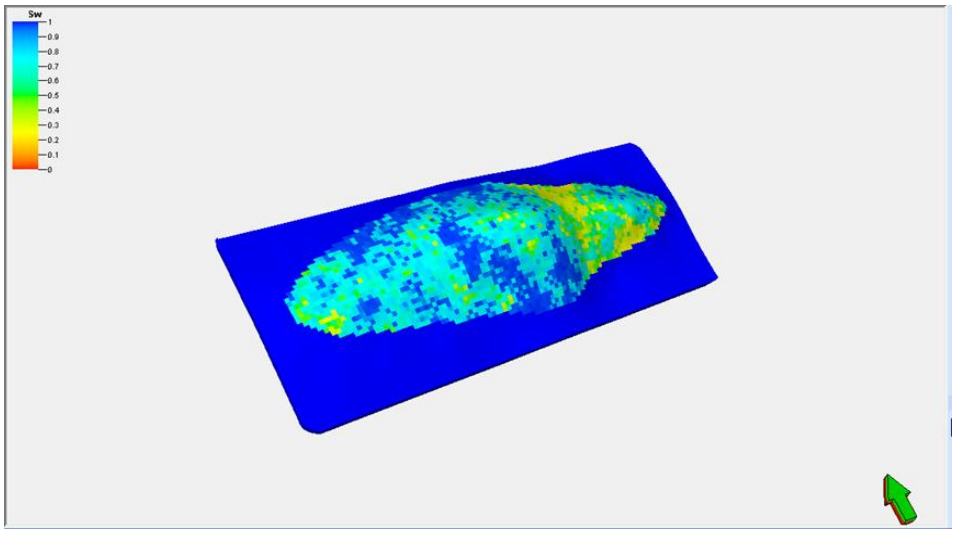


Figure 13. Water saturation model for unit MB11.

Table1. OIIP for Mishrif formation, **Khanawi, et al, 2010.**

OIIP in study 1986 (STB)	OIIP in study 1991 (STB)	OIIP in study 1994 (STB)	OIIP in study 2010(STB)	OIIP in current study(STB)	Formation
$232*10^6$	$979*10^6$	$747*10^6$	$987*10^6$	$905*10^6$	Mishrif

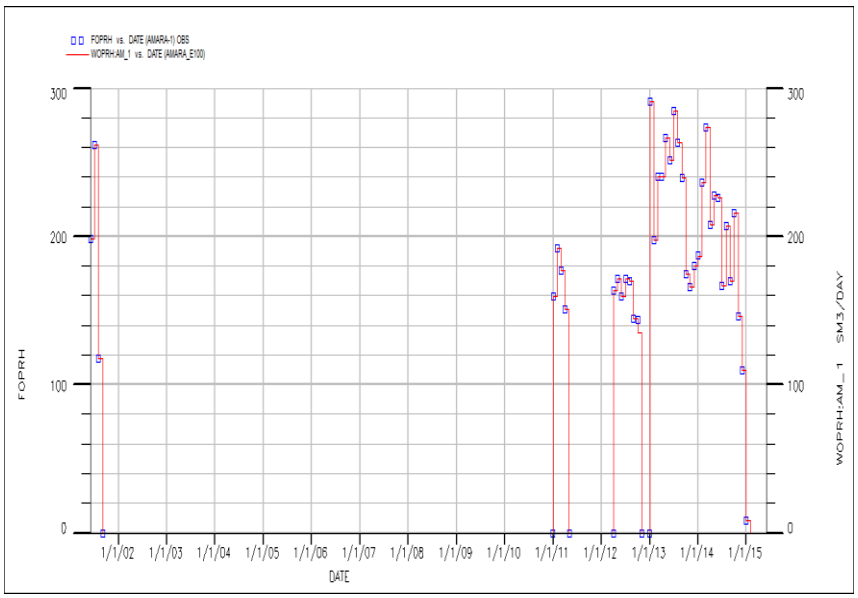


Figure 14. Field oil production rate history (FOPRH), calculated field oil production rate (WOPR) with time for well AM-1.

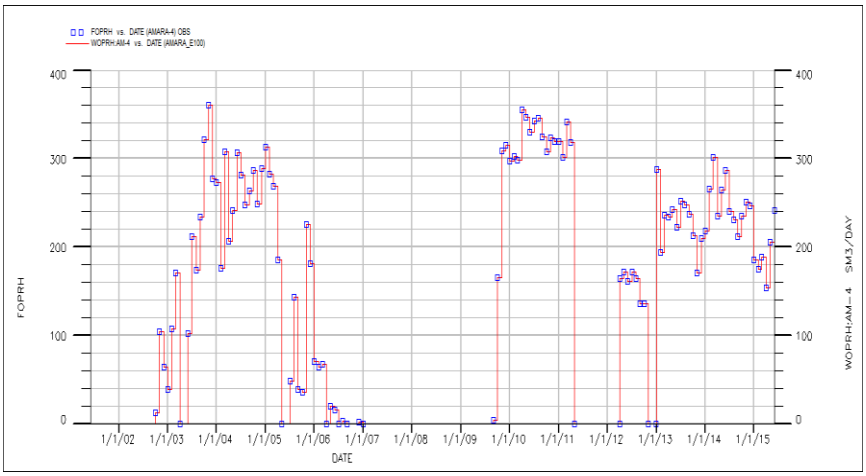


Figure15. Field oil production rate history (FOPRH), calculated field oil production rate (WOPR) with time for well AM-4.

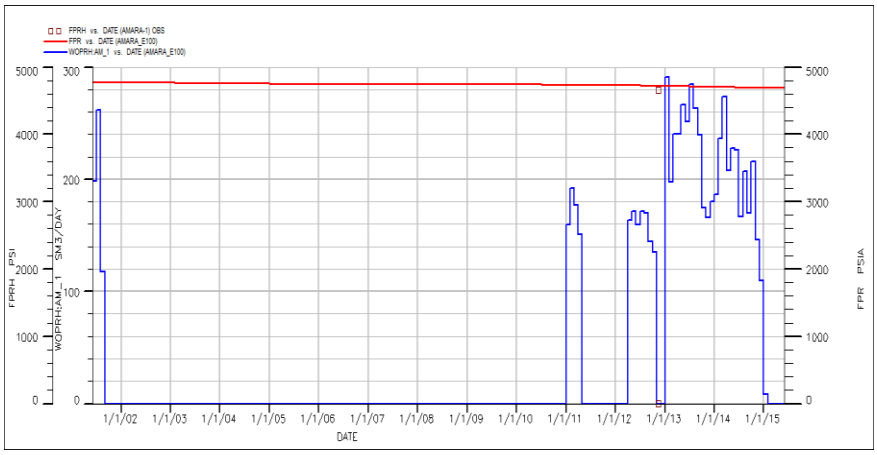


Figure 16. Calculated average reservoir pressure (FPR), average reservoir pressure history (FPRH) (psia) with time for well-1.

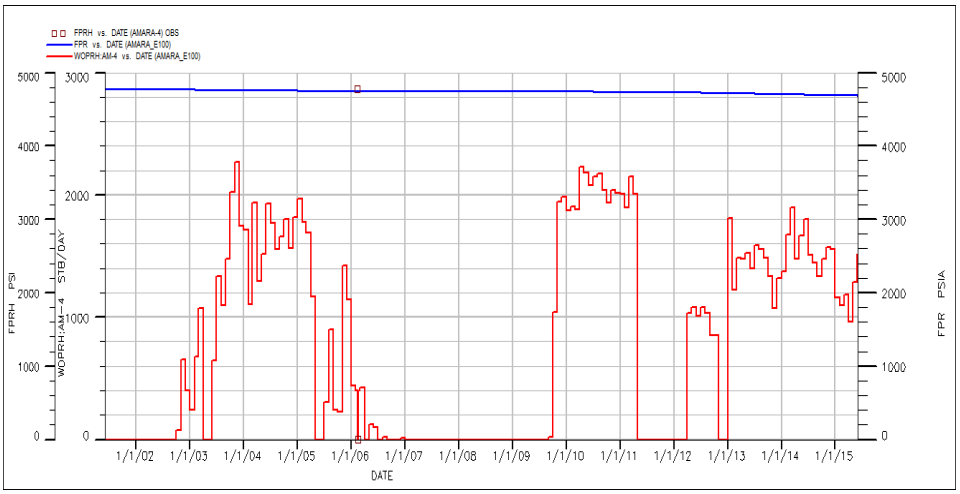


Figure 17. Calculated average reservoir pressure (FPR), average reservoir pressure history (FPRH) (psia) with time for well-4.

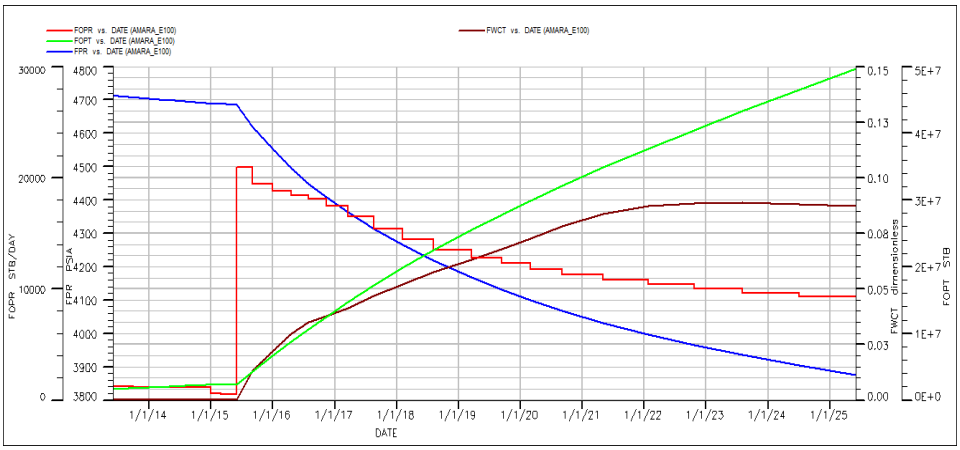


Figure 18. Field Oil Production, Total Oil Production (Cumulative production), W.C, and Field pressure versus Date for Case 1.

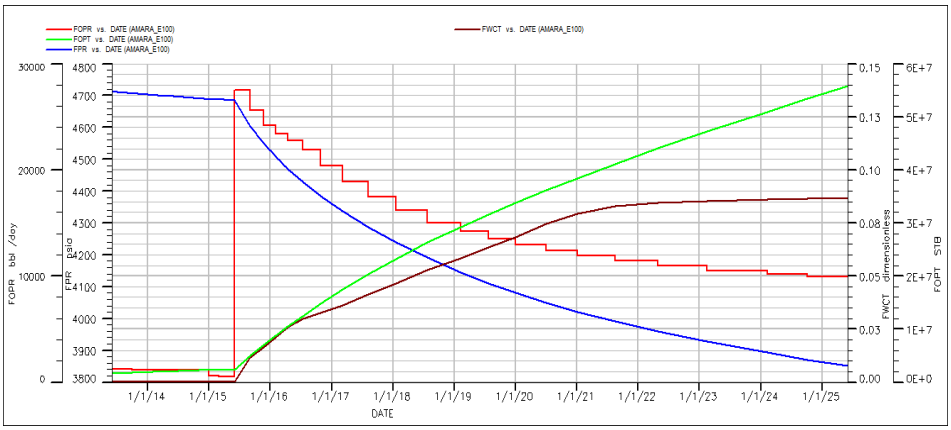


Figure 19. Field Oil Production, Total Oil Production (Cumulative production), W.C, and Field pressure versus Date for Case 2.

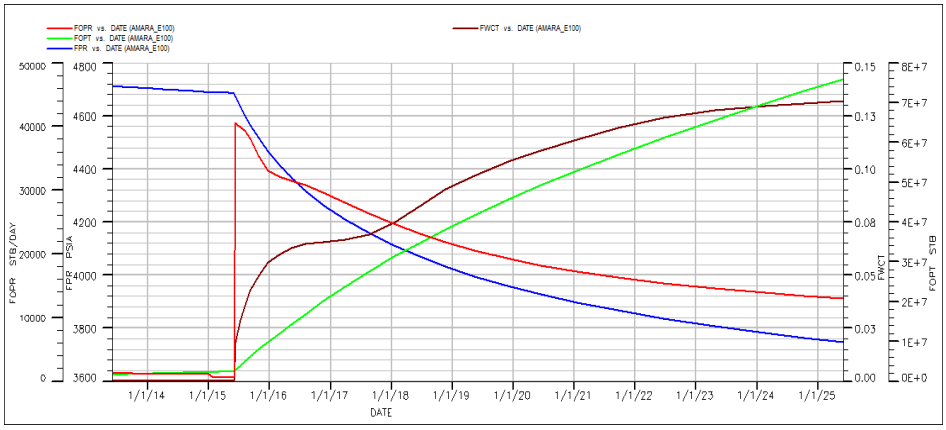


Figure 20. Field Oil Production, Total Oil Production (Cumulative production), W.C, and Field pressure versus Date for Case 3.

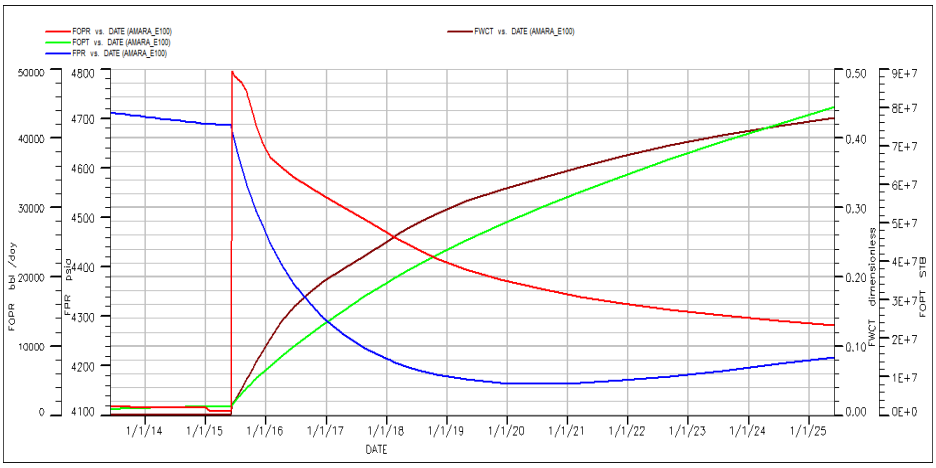


Figure 21. Field Oil Production, Total Oil Production (Cumulative production), W.C, and Field pressure versus Date for Case 4.

Table 2. Results of the cases for development the reservoir.

Case No.	*No. of All Wells*	*Prod. at end 2025, (MSTB/D)*	*Cumulative Oil prod. (MMSTB/D)*	*Field Press. ,psia*	*W.Cut %*	*R.F %*
Case 1	10 V, Production	9.2	50	3850	9	5.52
Case 2	15 V, Production	10	56	3830	9	6.1
Case 3	25 V, Production	14	76	3675	13.5	8.2
Case 4	20V, Prod., 5H, Prod.,5V, Inj.	13.5	82	4215	43	9.06

Experimental Investigation of Nano Alumina and Nano Silica on Strength and Consistency of Oil Well Cement

Dr. Hassan Abdul Hadi
College of Engineering-University of Bagdad
Petroleum Engineering Department
hahah692000@yahoo.com

Hassan Abdul Ameer
College of Engineering-University of Bagdad
Petroleum Engineering Departmen
hassan1992.com51@yahoo.com

ABSTRACT

In oil and gas well cementing, a strong cement sheath is wanted to insure long-term safety of the wells. Successful completion of cementing job has become more complex, as drilling is being done in highly deviated and high pressure-high temperature wells. Use of nano materials in enhanced oil recovery, drilling fluid, oil well cementing and other applications is being investigated. This study is an attempt to investigate the effect of nano materials on oil well cement properties. Two types of nano materials were investigated, which are Nano silica (>40 nm) and Nano Alumina (80 nm) and high sulfate-resistant glass G cement is used. The investigated properties of oil well cement included compressive strength, thickening time, density, free water and rheological properties. All tests are conducted according to API specification and proceed in Laboratory of Drilling in Petroleum Technology Department in University of Technology and in Missan Oil Company. The experimental results show that NS and NAL behave like accelerators when added to cement and work to increase the compressive strength at 38°C but these increasing in compressive strength changes when the temperature is increased to 60°C. Also, adding NS and NAL lead to increasing in rheological parameter and reduce free water but the change in density is very small. The results show that the effect of NAL on compressive strength and thickening time is greater than the effect of NS but the effect of NS on free water and rheology is greater than the effect of NAL.

Key words: nano silica, nano alumina, oil well cement.

التحري المختبري للنانواولومينات و النانوسيليكا على مقاومة و تماسكية سمنت الابار النفطية

د .حسن عبد الهادي
جامعة بغداد قسم هندسة النفط

حسن عبد الامير
جامعة بغداد قسم هندسة النفط

الخلاصة

في عمليات تسميت أبار النفط والغاز فان وجود غلاف أسمنتي صلب يحيط بالبطانة هو من الامور المهمة لضمان سلامة طويلة الأجل للأبار. ان أكمال عمليات التسميت بنجاح أصبح أكثر تعقيدا بسبب زيادة الانحراف بعمليات الحفر وكذلك بسبب الضغوط و درجات الحرارة العالية للابار لذلك بدأت الدراسات وعمليات التحري عن أستخدام المواد النانوية في تطبيقات الاستخلاص المعزز للنفط و سوائل الحفر و عمليات التسميت وبقية التطبيقات الاخرى. هذه الدراسة هي محاولة للتحري عن تأثير مواد النانو على خصائص أسمنت آبار النفط. تم أستعمال نوعين من مواد النانو والتي هي نانو السيليكا (أصغر من 40 نانومتر) ونانو الألومينا (80 نانومتر) و كذلك تم أستعمال أسمنت عالي المقاومة من الصنف (G) حيث تمت دراسة تأثير هذه المواد على مقاومة الانضغاط، زمن التثخن، نسبة الماء الحر، الكثافة و على صفات الانسيابية لعجينة الأسمنت. أظهرت النتائج المختبرية ان المواد النانوية المضافة تتصرف كمعجلات لزمن التصلب و تعمل على زيادة مقاومة الانضغاط لصخرة الأسمنت عند درجة حرارة 38 درجة مئوية و لكن هذه الزيادة تتغير عند زيادة الحرارة الى 60 درجة مئوية. كذلك فأن أضافة المواد النانوية أدى الى زيادة معاملات

الخواص الأنسيابية والى أنخفاض نسبة الماء الحر لعجينة الأسمنت بينما كان التغير في الكثافة قليل جدا. وفقا لنتائج ال R^2 فأن موديل Power Law يعطي أفضل تطابق لتمثيل الخواص الانسيابية بالمقارنة مع الموديلات الاخرى. أظهرت النتائج أن تأثير نانو الألومينا على مقاومة الانضغاط و زمن التثخن هو أكبر من تأثير نانو السيليكا ولكن تأثير نانو السيليكا على نسبة الماء الحر والصفات الانسيابية أكبر من تأثير نانو الألومينا.

1. INTRODUCTION

Cementing of casing is one of the most basic steps in the drilling and completion of oil and gas wells process. Technology of well cementing is the application of many scientific and engineering disciplines. For successful cementing jobs, basic factors must consider such as: drilling fluid condition, spacers and flushes using, pipe movement, casing centralizing, displacement rate maximizing, slurry design for down hole condition, cement compositions selecting and testing, and a proper system selecting of cementing process, **Crook, et al., 2001**. Slurry that is used in cementing process must have suitable performance requirements such as low viscosity to make pumping process easy, low permeability, early strength development, and superior resistance to attack from aggressive fluids, **Griffin, 2013**. Using nanotechnology in the field of materials increases its durability and provides materials with super performance. It also enables best usage of resources of the nature and getting the required materials properties with minimal usage. In recent years, great efforts have been done to improve drilling and construction cement properties by using nano particles. The addition of nano fine particles can improve the properties of cement due to the effect of increasing surface area and reactivity through filling the nano pores of the cement. Nano silica, nano calcium carbonate, carbon nanotubes, nano titanium, nano alumina and polymer/clay Nano composites are the most generally used nanomaterial in construction industry. They are mostly used to reinforce different mechanical properties of the cementing materials such as crevice resistance, corrosion resistance, tensile strength and compressive strength, **Iqbal, and Mahajan, 2012**. In this study, the effects of Nano Alumina and Nano Silica on oil well cement properties are investigated. Free fluid, compressive strength, thickening time, density and rheological properties are measured. According to **Shahriar, 2011**, the fundamental knowledge of oil well cement slurry rheology is necessary to evaluate the ability to remove mud and optimize slurry placement. The rheology of fluids also has a major effect on solids setting and free fluid properties and also on the friction pressures, **Joel Of, 2009**. The intention of a free fluid test is to help determine the quantity of free fluid that will gather on the top of cement slurry between the time it is placed and the time it gels and sets up, **Joel OF, 2009**.

2. EXPERIMENTAL WORK

2.1 Materials

The cement powder used in this study, class G (HSR) cement according to API standards, was provided by Missan Oil Company, as shown in **Table1**. Nano Alumina and Nano Silica are used as additives to cement slurry. Nano material properties are shown in **Table 2** and **Table 3**.

2.2 Mixing Procedure

The sample preparations were done in accordance with API, **API Spec. 10A, 2002** and **API. 10B2, 2013**. The motor of mixer is opened and kept at 4 000 r/min ± 200 r/min while the cement with additive is added at a regular rate during no more than 15 sec. After that, putting the cover on the blending container and stay mixing at 12 000 r/min ± 500 r/min for 35 sec ±1 sec. the amount of water to cement is 44%bwoc.

2.3 Determination of Compressive Strength

Compressive strength of set cement is the force of compression required to crash the cubic of cement divided by the cross-sectional area of the cubic. Static and dynamic stresses effect on the column of cement inside the well. Static stress is due to the weight of casing and due to compressive stress that formed by fluid and formation activity. Dynamic stress is due to the process of drilling. To resist these stresses, C.S. of set cement is needed to test according to API procedure. The cement slurry to be tested was placed in the prepared molds and placed the specimens in the curing bath at atmospheric pressure and heating to test temperature 38 °C for 8 hr and to the second test temperature 60 °C for 8 hr. Compressive strengths were calculated using Eq. (1) based on the force that applied on surface area of cubes.

$$\text{Compressive Strength} = \text{Force of Compression} / \text{Cross-Sectional Area} \quad (1)$$

Compressive strength of all cubes of sample should be recorded and found the middle value to the closest 50 kPa (10 psi). Compressive strength for 66% of cubes and the average of all results should be exceed the limit indicated in API (300psi at 38°C and 1500psi at 60°C).

2.4 Determination of Thickening Time

Thickening time is the timeframe of cement slurry to stay having the properties of pumping. It is the time needed for the consistency of slurry to reach 100 Bc under bottom hole condition. It is measured by utilizing cement consistometer. Thickening time is influenced by pumping rate because vortexes and streams resulting from turbulent flow increase it. And it is affected by softness of cement. The additives of thickening time are accelerators to reduce it and retarders to increase it. Accelerators are utilized for cementing shallow wells and surface casings. Retarders are used for cementing deep and hot wells. Practically, thickening time must be at least 25% greater than the necessary time for the cementing processes. Cement slurry to be tested was placed in the slurry container and then it is placed into the Consistometer. Rotating slurry container is by motor at (150r/min ± 15r/min) and controlling testing pressure and temperature to simulate the conditions inside the well by following the steps in schedules 5 in API. At 100 Bearden Consistency, the slurry considered un-pumpable and the test is finished. The acceptance requirement for thickening time must be between 90 min and 120 min.

2.5 Determination of Rheological Properties

Cement slurry is placed in atmospheric pressure consistometer for 20 minutes at 100 ° F. Then, the slurry is transferred to the viscometer device. The viscometer will automatically measure, compute and show shear stress readings according to API recommended practice 10 B2. Three models (Bingham plastic, Power law and Herschel-Bulkley) are used to represent the relationship between shear rate and shear stress.

2.6 Determination of Free Fluid

Cement slurry is placed in atmospheric pressure consistometer for 20 minutes at 100 ° F. After that, 760 g (according to API 10B2) of cement slurry was poured into a 500 cc (500 ml) graduated flask. Closing the mouth of the flask and putting it on a vibration free surface for 2 hours. The slurry was then examined for any free fluid on the top of the cement column. This free fluid was decanted and measured with a syringe to determine the percent of free water (ϕ) based on the weight and the specific gravity of the cement using Eq. (2).

$$\Phi = ((VFF * \rho) / ms) * 100 \quad (2)$$

Where VFF is the volume of free fluid (milliliter); ρ is the specific gravity of the slurry, and ms is the mass of the slurry (gram).

3. RESULTS AND DISSCUSION

3.1 Thickening Time Results

This section focuses on the thickening time behavior of oil well cement with NS and NAL. **Fig.1** and **Fig.2** present the results of seven concentrations by weight of cement of NAL and NS on thickening time of cement slurry. The biggest decline for thickening time value is about 30.2% when the addition of NS is 3%bwoc and the biggest decline for the thickening time value is about 31.25% when the addition of NAL is 3%bwoc. According to API, the time required to reach the consistency of oil well cement to 30 Bc must exceed 30 minutes. The results showed that all the additions of NS&NAL led to a very significant drop in thickening time at 30 Bc; therefor, all consistency after 30 minutes is greater than 30 Bc and this does not conform with the requirements of the API. Thickening time of oil well cement slurry with NS additives is shorter than thickening time of cement without NS additive because NS reacts rapidly with sulphate and make high amount of calcium sulphoaluminate (attringite, AFt) in the early hydration period and hence reduces the thickening time. These results (decreasing in thickening time) are similar to the results obtained by **Gopalakrishnan, 2015**. Thickening time of oil well cement with NAL additives is shorter than thickening time of cement without NAL additive. This may be due to the pozzolanic effect of NAL. That means it reacts chemically with $Ca(OH)_2$ at ordinary temperature in the presence of water so it leads to increase the speed of hydrogenation. Nano materials (NS and NAL) accelerated the

thickening time of cement slurry class G. It is well known in oil well cementing practices, salts such as NaCl, **Rike, 1973**, and $CaCl_2$, **Michaux, 1990**, are used for the same purpose. This section will introduce a comparison between these accelerators in terms of thickening time property. **Fig. 3** presents this comparison.

3.2 Compressive Strength Results

This section focuses on the compressive strength behavior of oil well cement with NS and NAL. **Fig. 4** through **Fig. 7** presents the results of seven concentrations by weight of cement of NAL and NS on compressive strength of cement slurry. Compressive strength of oil well cement at 38°C is increased when amount of NS&NAL is increased. The reason of this strength improvement is due to the small size of nano particles in pores between cement particles; therefore, it increased the efficiency of the packing. The second reason is due to the effect of (NS&NAL) on promoting the pozzolanic interaction. That means it reacts chemically with $Ca(OH)_2$ (formed from dehydration interaction) at ordinary temperature in the presence of water and produce compounds having cementitious properties. At 60°C, compressive strength is decreased when the amount of NS exceeds 2% bwoc. This means that raising the quantity of NS is good in increasing compressive strength to a specific cutoff after which further increase in the NS quantity leads to a reducing in the compressive strength. The reason for that truth is the additional rate of NS could prompt agglomeration of its particles under the present dispersion circumstance. This agglomeration happens when adding too much amount of NS because of the high surface area of nano-particles that leads to raise the tendency of these particles to pull each other's forming weakly clogs, therefore, decreases the compressive strength. Likewise, these clogs fill the voids of the cement and prevent the filling effect of nano particles for these voids and thus diminishing the cement strength. This agglomeration causes the active surface area that interacts to form the C-S-H gel to reduce furthermore prompts to form weak clusters that cannot support large strength causing a decline in the compressive strength of the cement. Another conceivable clarification is that the mixing water is insufficient to coat this large quantity of the tiny NS particles causing defects in the hydration process and formation of C-S-H gel. Therefore, they decrease compressive strength. At 60°C, change in compressive strength happens because temperature is a factor that effect on pozzolanic interaction. Compressive strength of slurry is decreased when NAL is added in 1% and 2%bwoc and then it is begun to rise at 3%bwoc. This big change in the behavior of compressive strength is the result of change in temperature that it is increased to 60°C because Pozzolanic interaction occurred at ordinary temperature. Cement is considered unsuccessful when adding 1%bwoc of NAL because compressive strength has become under the allowable limit that is specified by API.

The effect of size of NS particles on the physical properties of cement will be study by making a comparison between the compressive strength test conducted by **Yausif, 2014**, and the results obtained in this study. From **Fig. 8** and **Fig. 9**, it can be observed that the improvement in the compressive strength of the cement slurry is increased when the size of NS became small but this

improvement in the compressive strength arrives to a specific cutoff at low quantity of NS when the size of NS is larger than 50nm. The reason for this behavior is due to decrease of packing activity when the particle size of NS is increased and that leads to a decline in the compressive strength. Also, surface area of NS is increased when particle size is decreased and this leads to prompting pozzolanic reaction. At 60°C, the change in behavior of Compressive Strength between NS > 40nm and NS < 50nm is small when the amount of NS is 2%bwoc but Compressive Strength of NS > 40nm is greater than Compressive Strength of NS < 50nm when the amount of NS is less than 2%bwoc. In **Fig.10**, comparison is made between the impacts of adding nanomaterials to oil well cement. These nanomaterials are multi-wall CNT, **Nasiri, et al., 2014**, Ni NP, **Liu et al.2013**, nanoclay, **Rahman and Murtaza, 2015**, nano bentonite, **Roddy et al., 2010**, NS and NAL.

3.3 Result of Density Tests

From **Fig. 11** and **Table 4**, the addition of NS leads to a very small decrease in the density that it can be neglected while adding NAL leads to a small increase in the density, therefor; the effect of nano materials (NS & NAL) on slurry density is very small compared with the impact of materials (see **Table 5**) which add to improve density.

3.4 Free Water

This section focuses on free water behavior of bowc slurry with NS and NAL as additives. The results of the six cement mixtures are listed in **Fig. 12** and **Table 6**. The results are also compared with net cement in order to illustrate the change due to adding NAL and NS. The results are also compared with the effect of HPMC polymer. (HPMC) is self-active viscosifier polymer. It is stay stable when temperature is increased and promote viscosity at gelation temperature without any other chemical additives, **Abbas, et al., 2013**. It has feature to work as thickener, film foamer, suspension aid, water retention agent and surfactant at high temperature, **Sarkar, et al., 1995**. From **Fig. 13**, it can be seen that HPMC is more effective than NS and NAL on free water.

3.5 Rheological Results

This section focuses on the Rheological behavior of bowc slurry with NS and NAL as additives. The relationship between shear stress and shear rate and the models that represent these relationships are appeared in **Fig. 14** through **22**. These models are power-law, Bingham and Herschel-Bulkley model. According to R^2 results, power law model is the best one that represents the relationship between shear stress and shear rate. The addition of NS leads to increase plastic viscosity in Bingham model and power law exponent in power-law model. Plastic viscosity in Bingham model and power law exponent in power-law model is inversely proportional with Reynolds number. Therefore, the increasing of them leads the flow staying away from the turbulent region and that is not good in cementing process. For rheological parameters (k, final gel strength, µp and Yield-

point), NS additives improves these parameters more than NAL. While for flow behavior index, each additives has approximately the same effect.

3.6 The Economic Comparison

Economic comparison is made between nano materials and additives of oil well cement based on the prices of them. The price of gamma Aluminum Oxide Nano powder (Purity: 99.5%, APS: 80 nm) is $392/1kg if it is bought directly from the company and the Price of Silicon Dioxide (SiO2) Nano powder (Purity: 99+%, 20-30 nm) is $156/1kg if it is bought directly from the company. The price of nano materials and additives of oil well cement that used In Iraqi oil fields are listed in the **Fig. 23**. Nano-materials price is very high compared with other materials. This can be seen through the following example:

The price of one ton of Omani cement class G is 400$ and with the chemical additives becomes 1000$, therefor, the cost of cementing operations of production casing with the company's profits and the cost of pumping (if consumed 50 tons) becomes 150 million Iraqi dinars (117187.5$) and the cost of cementing plug (if consumed 10 tons) is 45 million Iraqi dinars (35156.25$).

4. CONCLUSIONS

Based on this experimental study, several conclusions can be derived:
1- The experimental results show that NS and NAL behave like accelerators when added to cement.

2- The effect of nanoparticles (NAL and NS) on thickening time is less than the effect of conventional accelerators (NaCl, $CaCl^2$).

3- At 38°C, compressive strength is directly proportional to the quantity of NS and NAL and the effect of NAL on compressive strength is higher than the effect of NS.

4- When a comparison is made between the results of this study and the results conducted by Zakia A. Yausif. It can be said that compressive strength is affected by the size of NS. When the size of NS is increased, the improvement of the compressive strength is decreased.

5- NS is more effective in increasing compressive strength at 60°C but NAL is more effective in increasing compressive strength at 38°C.

6- The increase in compressive strength of oil well cement is due to the pozzolanic effect of NS and NAL which increases when the surface area of particle is increased and due to the packing effect of the small particle.

7- An increase concentration in NAL and NS resulted in higher plastic viscosity, yield point and gel strength for oil well cement and the effect of nanoparticles (NAL and NS) on density is very small.

8- According to R^2, the best model that reflects the relationship between shear stress and shear rate is power law model.

9- An addition of nanoparticles (NAL and NS) into oil well cement gives better results by reducing free water of slurry.

10- Results show that the effect of NAL on compressive strength and thickening time is greater than the effect of NS but the effect of NS on free water and rheology is greater than the effect of NAL.

REFERENCES

- Abbas, G., S. Irawan, S. Kumar and A.A.I. Elrayah, 2013. *Improving oil well cement slurry performance using hydroxypropylmethylcellulose polymer.* Adv. Mater. Res., 787: 222-227.

- Andrew Seth Griffin, 2013, *Significance of nanosilica incorporation in type G oil well cement pastes*, M.Sc. thesis, Civil Engineering, University of New Mexico.

- API Spec. 10A, 2002, *Specification for Cements and Materials for Well Cementing*, 23rd edition. Washington, DC: API.

- API. 10B2, 2013, *Recommended practice for testing well cements*, second edition.

- Craig W. Roddy, Ricky L. Covington, Jiten Chatterji, D. Chad Brenneis, 2010, *Cement Compositions and Methods Utilizing Nano-Clay*, Patent no. US20100025039A1.

- Crook, R. J. / Benge, G. / Faul, R. / Jones, R. R. 2001, *Eight steps ensure successful cement jobs*, in OIL AND GAS JOURNAL; 99; 37-43.

- Ghulam Abbas, Sonny Irawan, Sandeep Kumar, Khalil Rehman Memon and Shuaib Ahmed Khalwar, 2014. *Characteristics of Oil Well Cement Slurry using Hydroxypropylmethylcellulose.* Journal of Applied Sciences, 14: 1154-1160.

- Liu J., Vipulanandan1 C. and Donald Richardson, 2013, *Piezoresistive Behavior of Modified Oil Well Cement with Nickel Nanoparticles*, Center for Innovative Grouting Materials and Technology (CIGMAT).

- Joel OF, 2009, *The Secondary Effects of Lignosulphonate Cement Retarder on Cement Slurry Properties*. Journal of Engineering and Applied Sciences 4: 1-7.

- Rahman M.K. and Murtaza M., 2015, *Effect of Nanoclay on Mechanical and Rheological Properties of Oil well Cement Slurry under HPHT Environment*, Center for Engineering Research, Research Institute, King Fahd University of Petroleum & Minerals.

- MD Shakeel Iqbal, and Yashwant Mahajan, 2012, *Nanotechnology in Cement Industry*.

- Michaux M. Nelson EB, Vidik B, 1990, *Chemistry and Characterization of Portland Cement In Well Cementing E.B.* Nelson Elsevier Science Publishers Amsterdam 8-25.

- Nasiri, Rashidi, Shariaty-Niasar, and Soltanian, 2014, *Preparation and application of carbon nanotube nanofluid as a reinforcement of cement slurry,* ICE Virtual Library, Vol. 26 Issue 3, pp. 177-184.

- Nelson, E.B., Michaux, M., and Drochon, B., 2006. *Chemistry and Characterization of Portland Cement*. In: E.B. Nelson and Guillot, D. (Eds.), Well Cementing, Schlumberger, Texas, pp. 23-48.

- Gopalakrishnan R., 2015, *Compressive strength and Scanning electron microscopy studies on Nanosilica admixtured cement mortar*, International conference on nanoscience and nanotechnology,SRM University, Chennai, India.

- Rike JL, 1973, *Obtaining Successful Squeeze Cement Result Society of Petroleum Engineers* SPE 4608) (Lake LW, Mitchell RF (2006) Petroleum Engineering Handbook, Drilling Engineering, Society of Petroleum Engineers 2: 395-410.

- Saasen, A., and Log, P.A., 1996. *Effect Of Ilmenite Plant Dusts On Rheological Properties Of Class G Oil Well Cement Slurries*. Cement and Concrete Research. Vol. 26, No.5, pp. 707-715.

- Sarkar, N. and L.C. Walker, 1995. *Hydration-dehydration properties of methylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose*. Carbohydr. Polym., 27: 177-185.
- Shahriar A, 2011, *Investigation on Rheology of Oil Well Cement Slurries*. The University of Western Ontario Ontario, Canada.

- Zakia A. Yausif, 2014, *Preparation, characterization of nanosilica from Iraqi rice hask and its application in oil well cement*, M.Sc. thesis, University of Technology, Iraq.

NOMENCLATURE

Aft = alumino-ferrite trisulfate hydrate

API = american Petroleum Institute

Bc = bearden Consistency

BWOC = by Weight Of Cement

C.S. = compressive strength

CMC = carboxymethylcellulose

CMHEC = carboxymethylhydroxyethylcellulose

CNT = carbon Nano-Tubes

C-S-H = calcium silicate hydrate

HPG = hydroxypropylguar

HPMC = hydroxypropylmethylcellulose

HSR = high sulfate-resistant

mw-CNT = multi-wall Carbon Nano-Tubes

n = power law exponent

NAL = nano-Al2O3

Ni NP = nickel nanoparticles

NS = nano silica

OPC = ordinary Portland cement

OWC = oil well cements

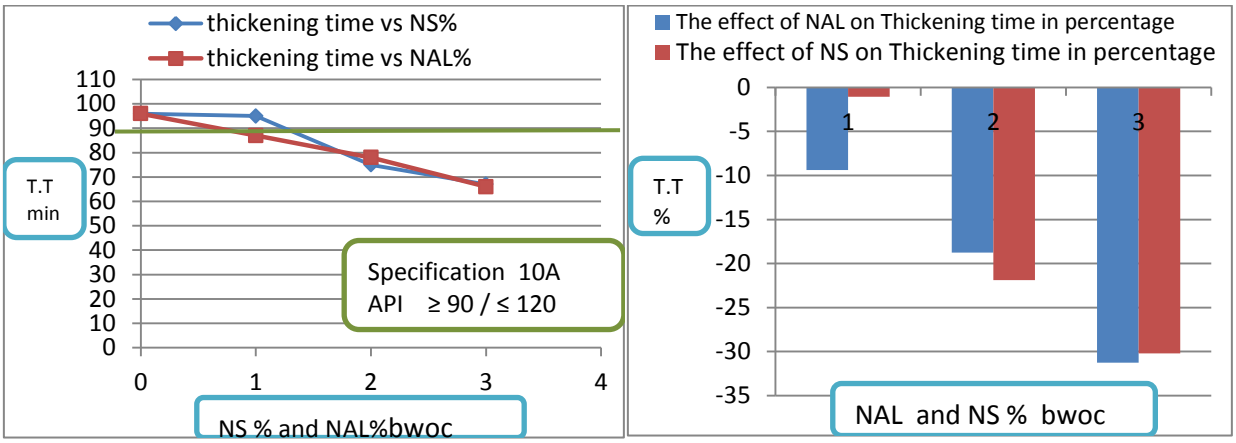


Figure 1. Thickening time (BC=100) vs NS&NAL% bwoc at 52°C and 5160 psi and in percentage.

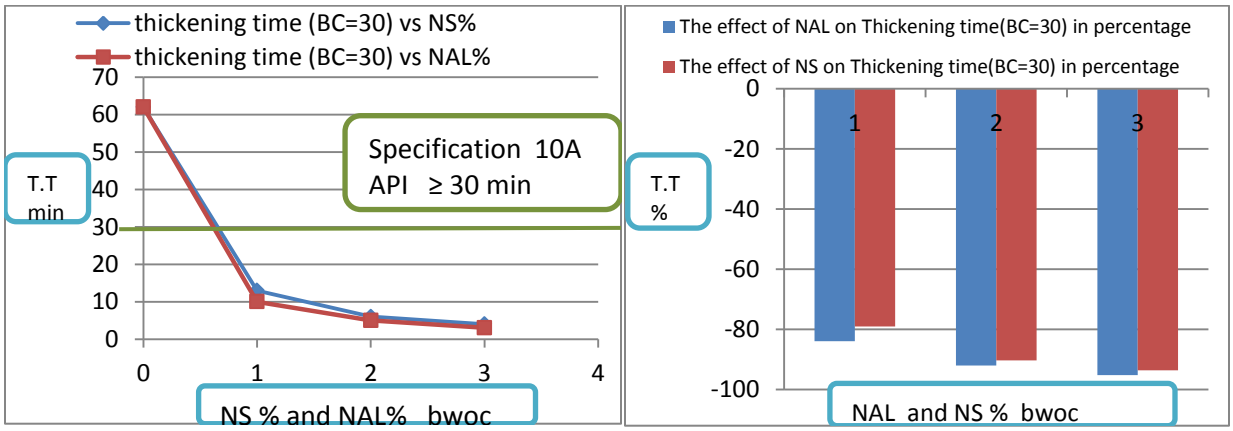


Figure 2. Thickening time (BC=30) vs NS&NAL% bwoc at 52°C and 5160 psi and in percentage.

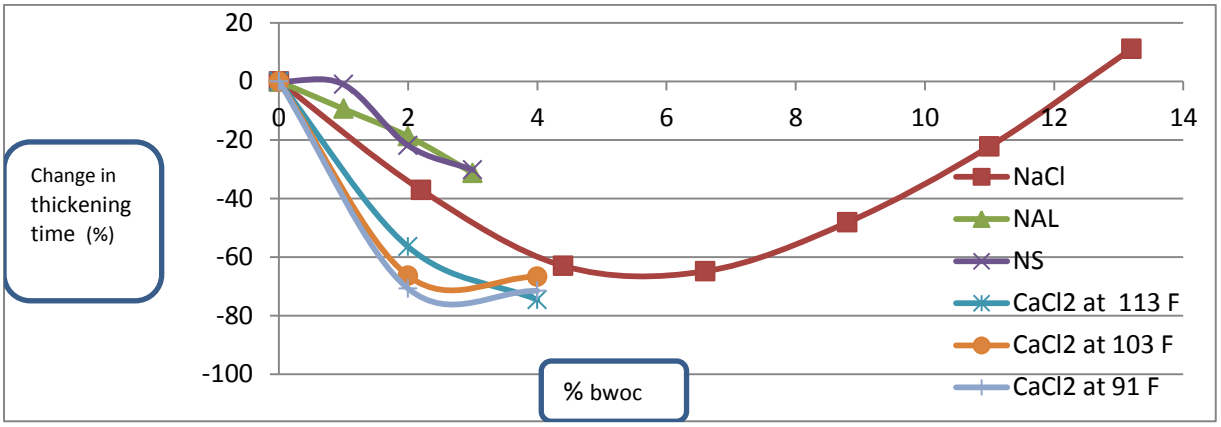
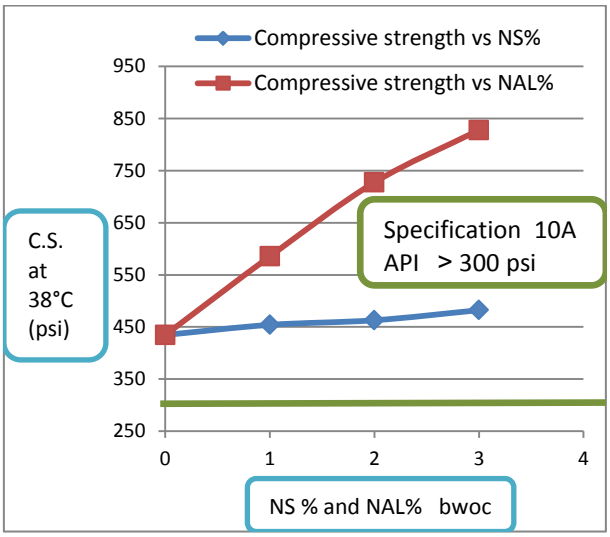


Figure 3. Comparison between the effects of nanomaterials and accelerator.



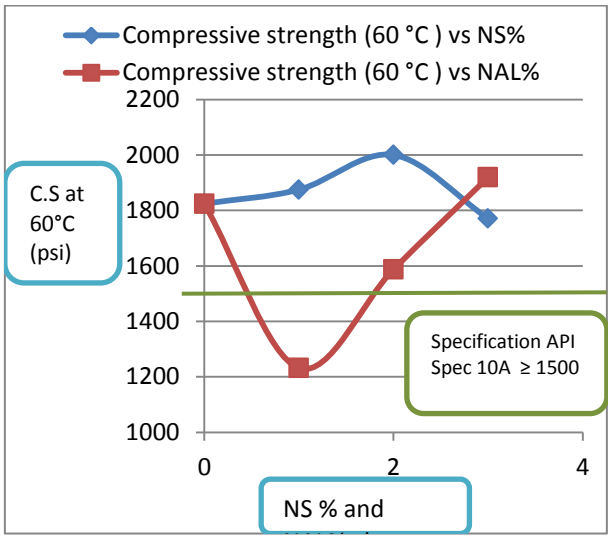
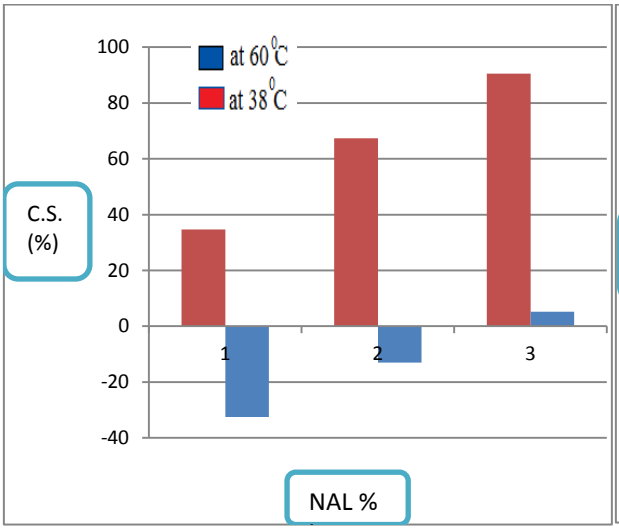


Figure 4. C.S. vs. NS and NAL% bwoc at 38°C.

Figure 5. C.S. vs. NS and NAL% bwoc at 60°C.



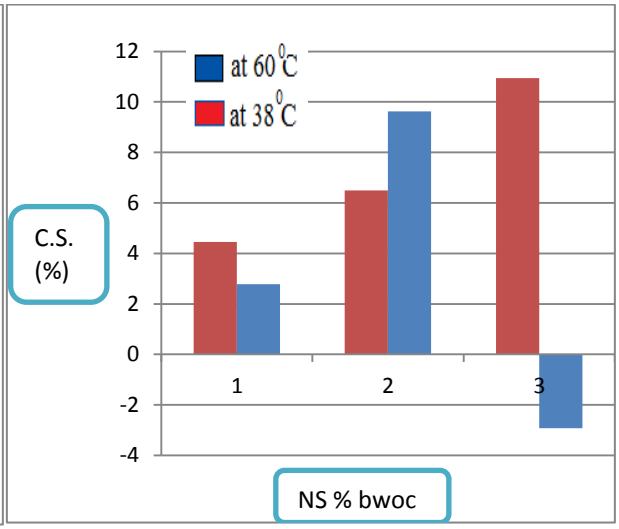


Figure 6. The effect of temperature on C.S. of cement slurry with NAL.

Figure 7. The effect of temperature on C.S. of cement slurry with NS.

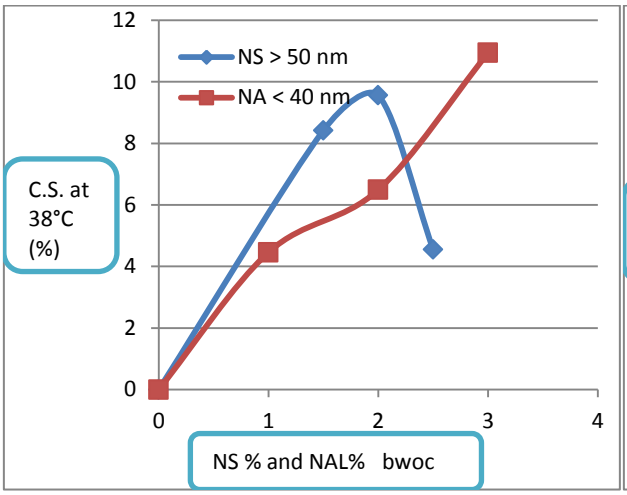


Figure 8. Comparison between the C.S. 38°C conducted by **Yausif, 2014**, and the results obtained in this study.

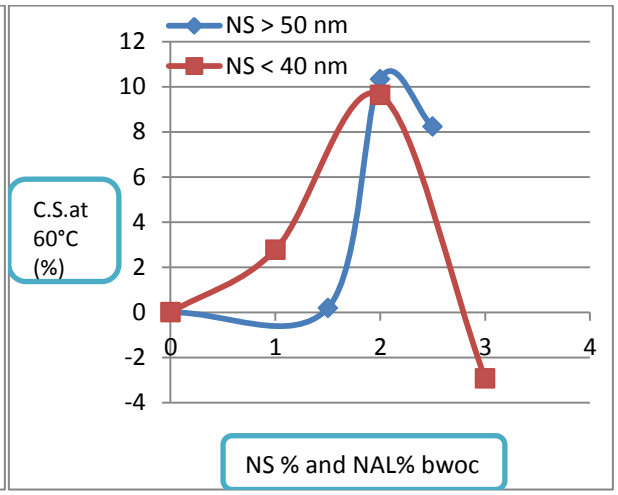


Figure 9. Comparison between the C.S. at 60°C conducted by **Yausif, 2014**, and the results obtained in this study.

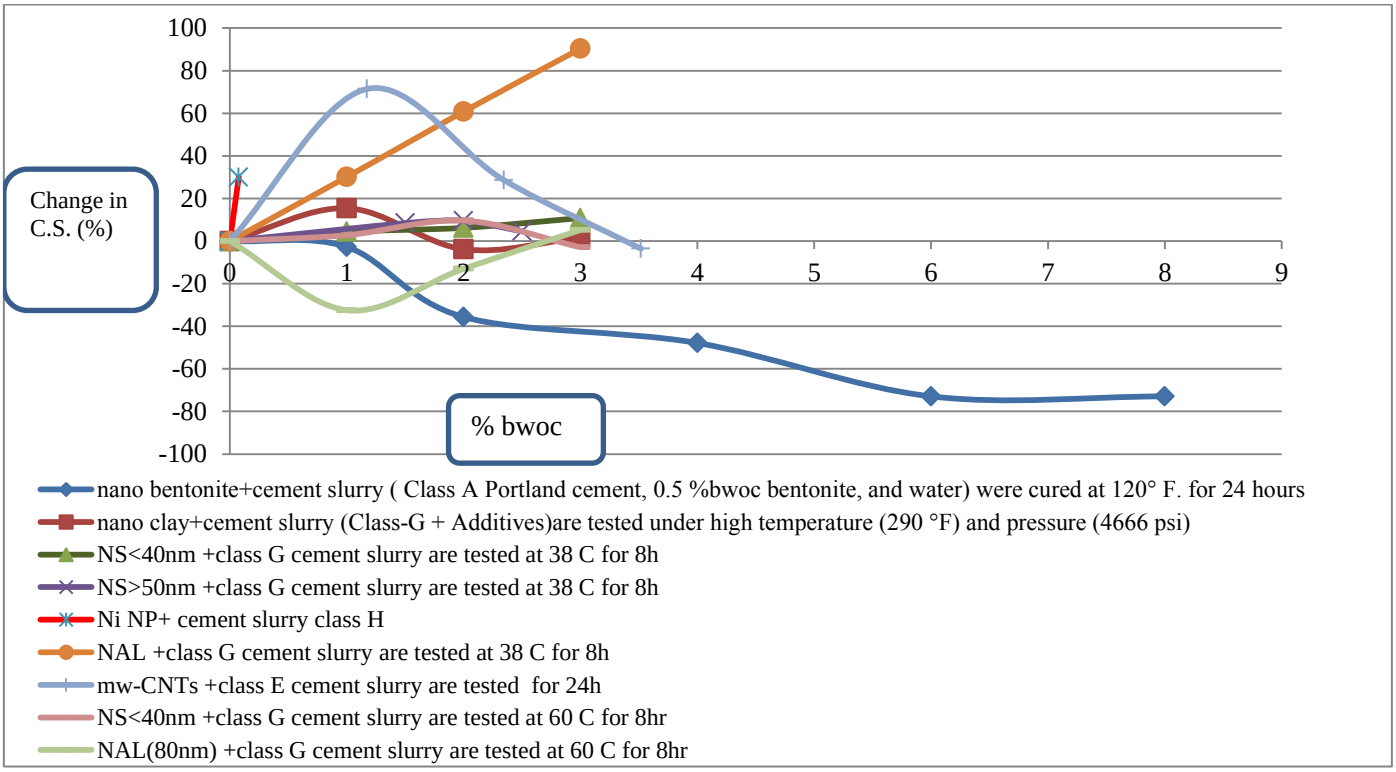


Figure 10. Comparison between the Effects of Nanomaterials on Compressive Strength.

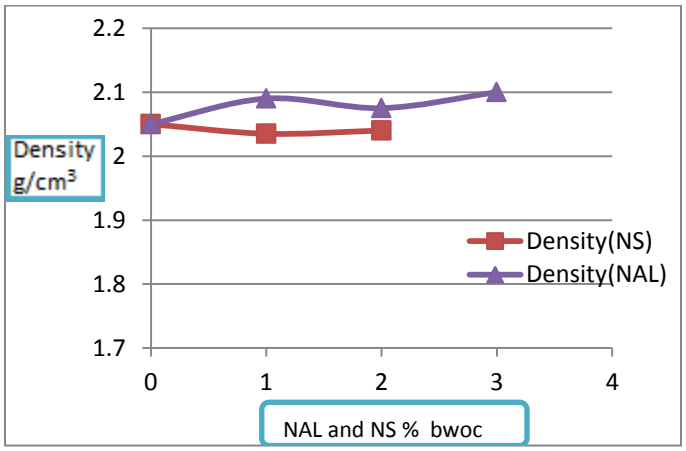


Figure 11. The effect of NS and NAL on density.

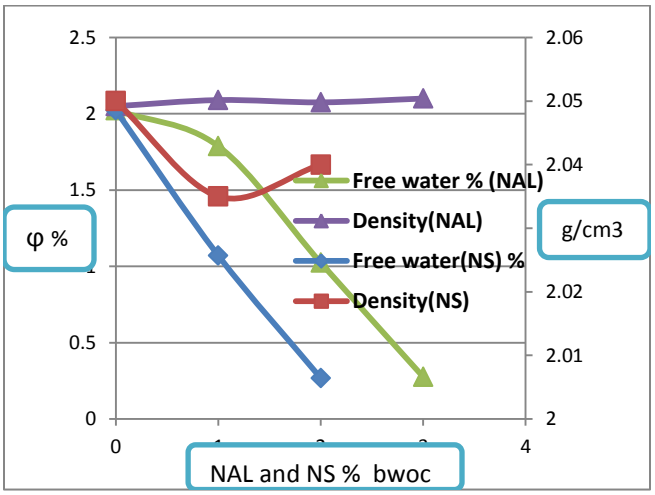


Figure 12. Free water % and density vs. NS and NAL %bwoc.

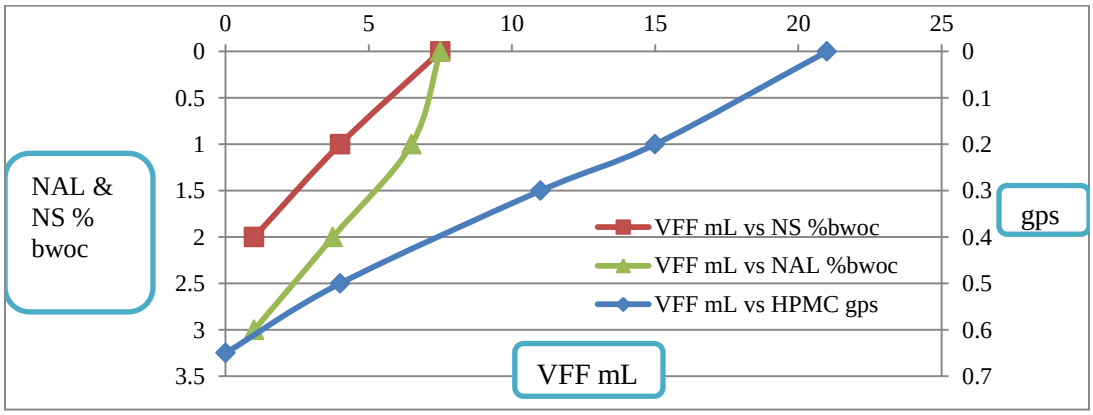


Figure 13. A comparison between the effect of nanomaterials and HPMC, **Abbas et al., 2014**. on the free water of slurry.

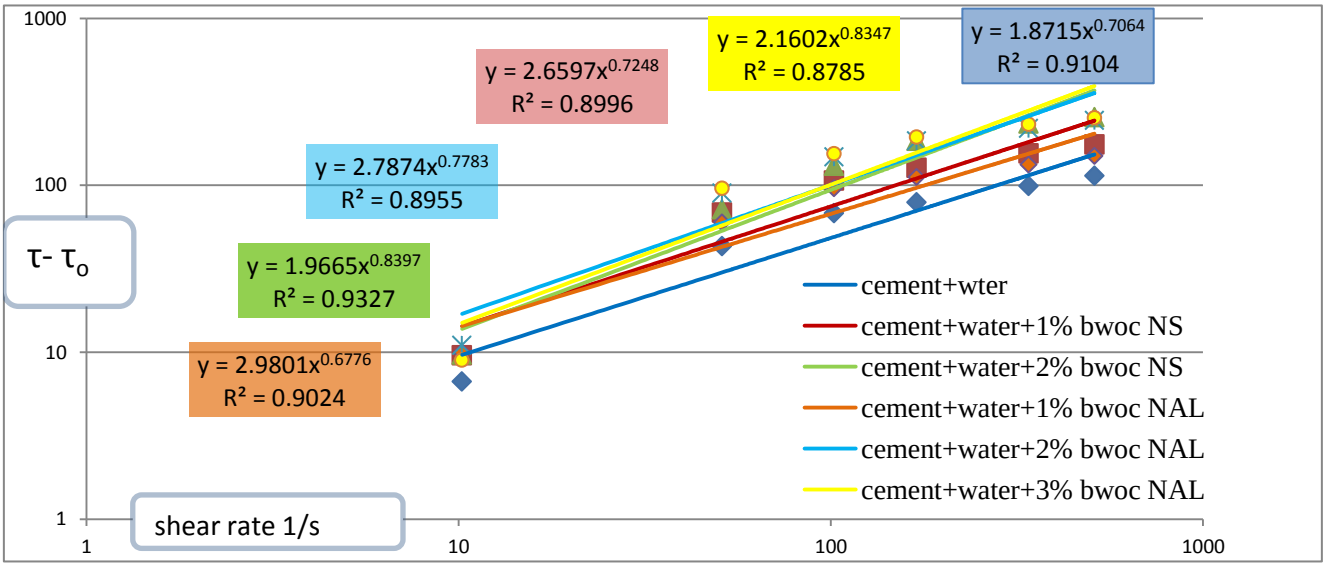


Figure 14. Herschel-Bulkley model.

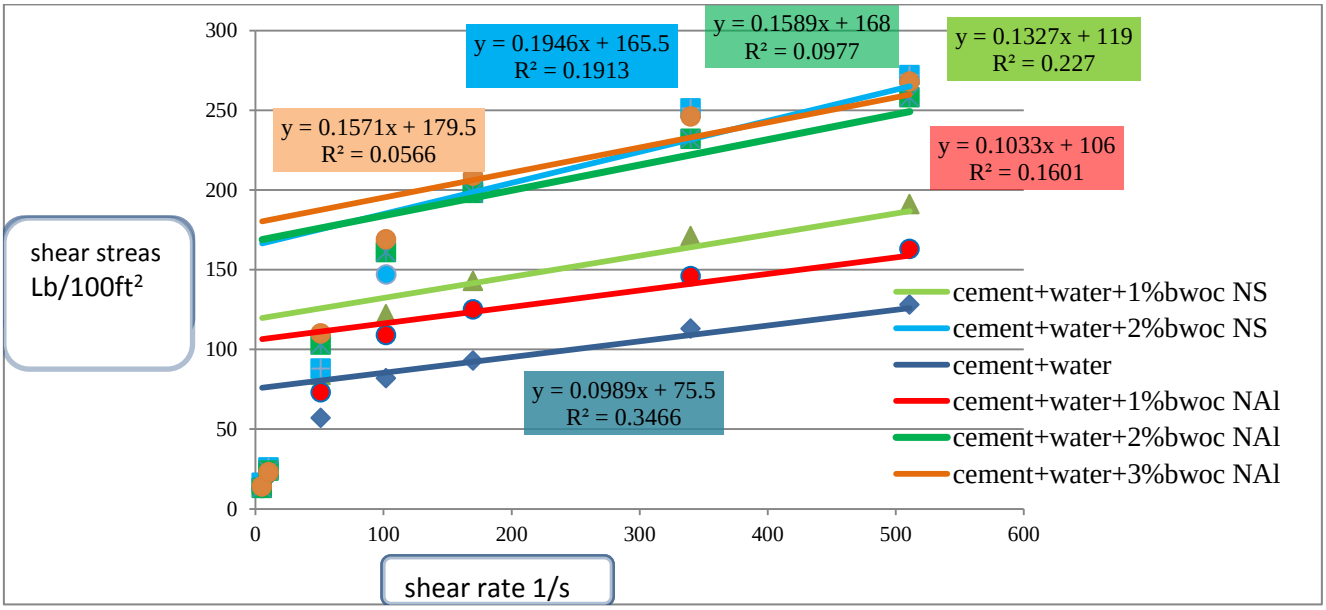


Figure 15. Bingham model.

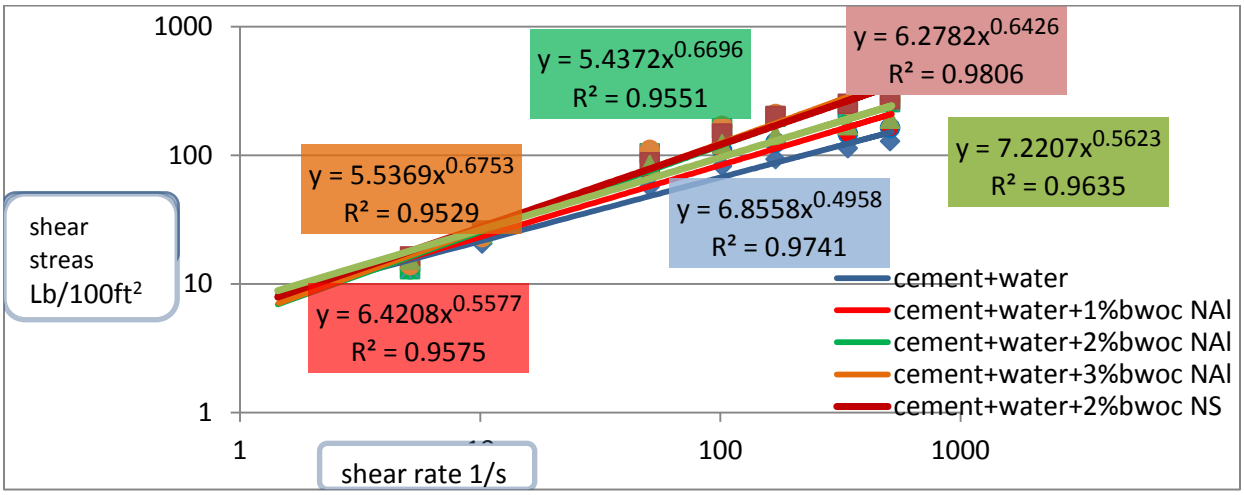


Figure 16. Power-law model.

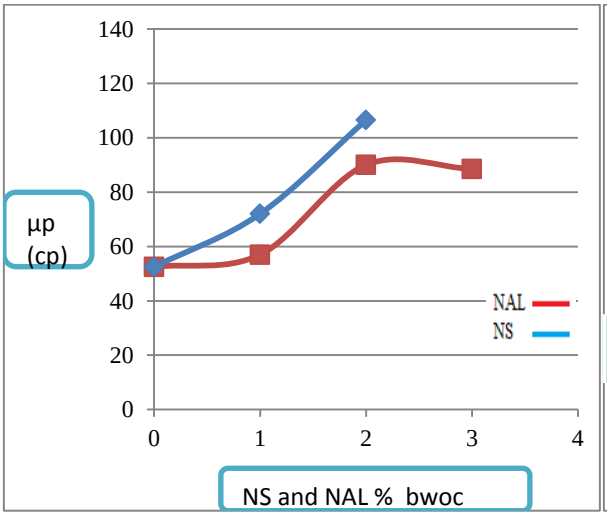


Figure 17. µp vs. NS and NAL % bwoc.

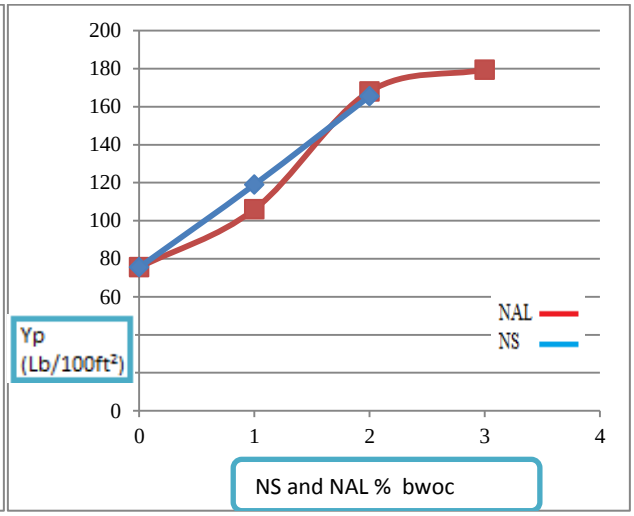
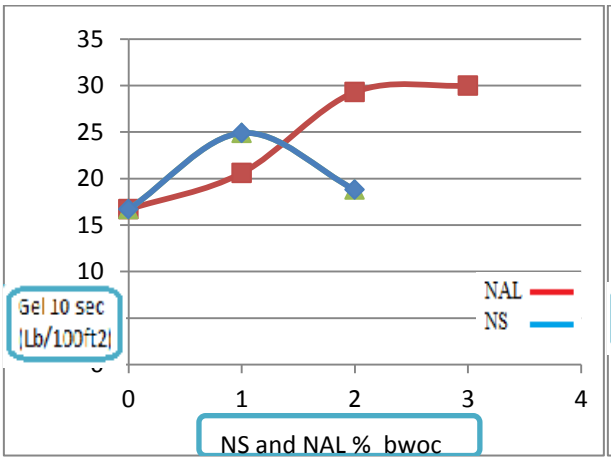


Figure 18. yp vs. NS and NAL % bwoc.



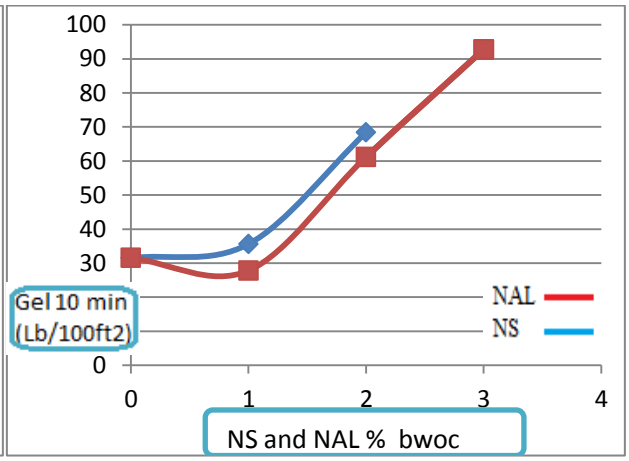
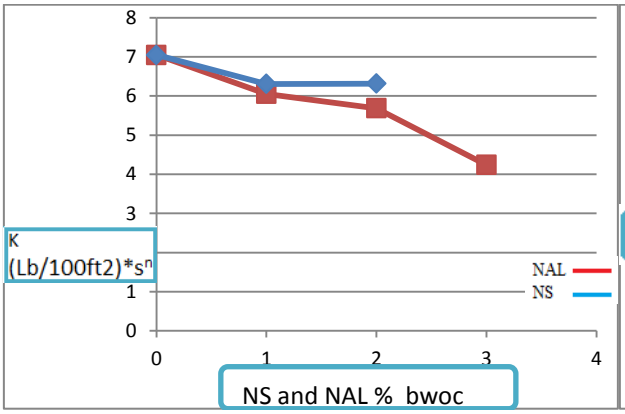


Figure 19. 10 sec Gel vs. NS&NAL % bwoc.

Figure 20. 10 min Gel vs. NS&NAL % bwoc.



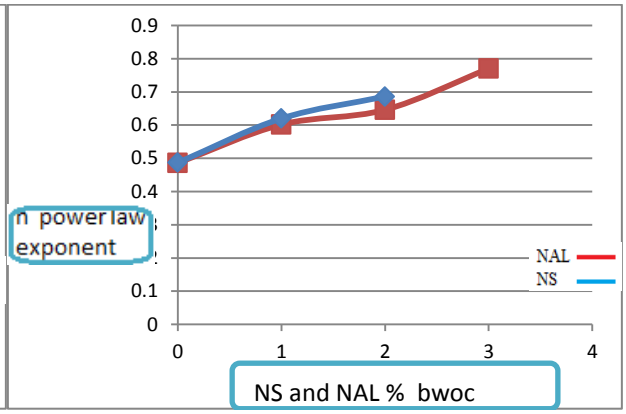


Figure 21. Consistency index vs. NS&NAL %

Figure 22. Power-law exponent vs. NS&NAL %.

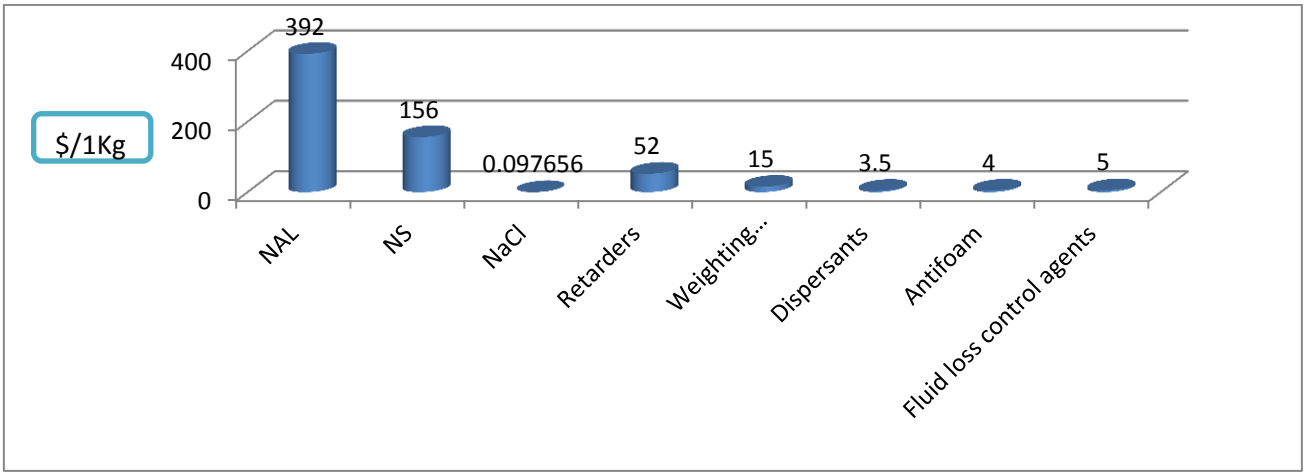


Figure 23. A comparison between the prices of additives with nano-materials.

Table 1. Chemical composition of cement that used in this study.

Chemical composition		
	Mean value	Specification API Spec 10A
MgO. %	0.6	≤ 6.0
$S0_3$. %	2.7	≤ 3.0
Loss on ignition, %	1.3	≤ 3.0
Insoluble residue, %	0.09	≤ 0.75
C3S. . %	56	≥ 48 / ≤ 65
C3A. %	1.7	≤ 3.0
Since TM is 0.75 (> 0.64)		
(C4AF + 2 x C3A), %	19.7	≤ 24,0
Na_2O-equivalent. %	0.57	≤ 0,75

Table 2. Specifications of NAL.

Product	Nano Aluminum Oxide
Size	80 nm
Purity	99%
Crystal	Gamma
Morphology	Needles
Form	Powder
Price	1g = 1.43$
Aluminum Oxide Nanopowder Dosage:	Recommended dosage is usually 1 to 5%

Table 3. Specifications of nano silica.

Product	SIO_2
Size	<40 nm
Purity	99.5%
Characteristics	Large specific surface area, more alkyl, hydrophilicity. It is a non-toxic, odourless and non-polluting inorganic non-metallic material with stable chemical property.
Crystal /surface treatment by	No
Form	Powder
Color	White
Price	1g = 1.43$
Recommended dosage	Ranging from 0.5% to 5%

Table 4. The effect of NS and NAL on density.

		Lb/gal	kg/M^3	g/cm^3
Cement + water		17.1	2050	2.05
Cement + water +NS % bowt	1	16.95	2035	2.035
	2	17	2040	2.04
Cement + water +NAL% bowt	1	17.45	2090	2.09
	2	17.25	2075	2.075
	3	17.5	2100	2.1

Table 5. Common weighting agents and extenders used in well cementing**, Saasen et al., 1996** and **Nelson et al., 2006.**

Extender	Slurry densities obtainable (lb/gal)	Weighting agents	Typical maximum slurry density (S.G) g/cm^3
Bentonite (clay based extenders)	11.5-15	Barite	2.28
Fly ash	13.1-14.1	Hematite	2.64
Sodium Silicates	11.1-14.5	Ilmenite	>2.40
Microspheres	8.5-15.0	Manganese tetraoxide	2.64
Silica Fume	≥11		
Foamed Cement	6.0-15.0		

Table 6. The effect of NAL and NS on free water parameter.

		g/cm^3	VFF ml	ϕ =
Cement + water		2.05	7.5	2.023026
NS % bowt	1	2.035	4	1.071053
	2	2.04	1	0.268421
NAL% bowt	1	2.09	6.5	1.7875
	2	2.075	3.75	1.023849
	3	2.1	1	0.276316

The Dynamic Behavior of Water Flowing Through Packed Bed of Different Particle Shapes and Sizes

Haneen Ahmed Jasim
College of Engineering- Al-Nahrain University
E-mail: haneenahmed_1992h@yahoo.com

Sarmad Talib Najim
Assistant Professor
College of Engineering- Al-Nahrain University
E-mail: dr_sarmadalani@yahoo.com

ABSTRACT

An experimental study was conducted on pressure drop of water flow through vertical cylindrical packed beds in turbulent region and the influence of the operating parameters on its behavior. The bed packing was made of spherical and non-spherical particles (spheres, Rasching rings and intalox saddle) with aspect ratio range 3.46 < D/dp < 8.486 obtaining bed porosities 0.396< ε <0.84 and Reynolds number 1217< Re_p < 21758. The system is consisted of 5 cm inside diameter Perspex column, 50 cm long; distilled water was pumped through the bed with flow rate 875, 1000, 1125, 1250,1375 and 1500 l/h and inlet water temperature 20, 30, 40 and 50 ˚C. The packed bed system was monitored by using LabVIEW program, were the results have been obtained from Data Acquisition Adaptor (DAQ).

Key words: pressure drop, packed bed, Ergun equation, friction factor, power consumption.

السلوك الديناميكي للماء اثناء جريانه خلال عمود محشولجسيمات مختلفة الاشكال والاحجام

حنين احمد جاسم
كلية الهندسة - جامعة النهرين

سرمد طالب نجم
أستاذ مساعد دكتور
كلية الهندسة - جامعة النهرين

الخلاصة

تم اجراء دراسة عملية لحساب هبوط الضغط للماء خلال جريانه في وسط عمودي أسطواني محشو ضمن المرحلة المضطربة في ظروف تشغيلية مختلفة تتضمن حشوات ذات اشكال كروية وغير كروية (spheres, Rasching rings and intalox saddle) ذات تعبئة عشوائية وبمعدل $3.46 < D/dp < 8.486$ ومسامية $0.396< \varepsilon <0.84$ وعدد رينولد $1217 < Re_p < 21758$. يتكون العمود من أنبوب من الزجاج ذو قطر5 سم وطول 50 سم معبئ بحشوة وقد تم ضخ ماء مقطر خلال العمود في ظروف مختبرية مختلفة تتضمن معدلات تدفق (875, 1000, 1125, 1250,1375 1500 l/h) ودرجات حرارة ابتدائية للماء (20, 30, 40 and 50 ˚C). تم استخدام برنامج LabVIEW لاستحصال النتائج المختبرية خلال جهاز اكتساب البيانات (DAQ).

الكلمات الرئيسية: هبوط الضغط، عمود محشو، معادلة Ergun، عامل الاحتكاك، استهلاك الطاقة.

1. INTRODUCTION

In several chemical engineering requests such as separation columns, chemical reactors and heat exchangers, the fluid flowing through fixed beds are very important. It is frequently attached by complex phenomena such as heat and mass transfer**, Rong, et al., 2014**. In order to find best design and control of the complicated fluid–particle flow system, it has been recognised that it is necessary to understand the basics**, Rong, et al., 2013**. Liquid flow through a packed bed of solid particles is applicable to many industrial operations, which include the transfer and storage of thermal energy, drying and heterogeneous catalytic reactions**, Sarmad,** and **Safa, 2015**. For obtaining fast heat and mass transfer, chemical engineering processes usually include the use of packed columns, because these devices have a large surface area to volume ratio for contact between a gas and a liquid such as absorption or a solid and a liquid or gas like catalysis**, McCabe, et al., 2005, Perry, 2008**. In early years, in order to minimize large exploitation and maximize factory execution, industry operations are facing challenges. So, the simulation and process modelling play a main role to support the optimum design and operation of the process equipment. Studies on the achievement of packed bed columns with respect to the understanding of physical procedures involved through process modelling have been subjects of attention of researchers**, Jameson, et al., 2015**.

An important industrial problem that concerns several fields of chemical engineering is the dispersion of mechanical energy in the flow across porous media**, Comiti,** and **Renaud, 1989**.

The pressure drop through a packed bed must be known in order to estimate the capital and operating costs and to size the blowers or pumps required to force fluid through it**, Allen, et al., 2013**. The pressure drop across fixed beds is of main importance for the design of packed bed reactors, since it defines the energy requirements of the supplying pumps and compressors, and this directly correlates to how much the apparatus will cost to run and to preserve the optimal operating conditions and to maximize the product**, Eisfeld,** and **Schnitzlein, 2001**. The main purposes of this work are to design, construct and install a laboratory rig for measuring the pressure drop for different types and sizes of packing., studying different parameters affecting the pressure drop of water flow and the bed friction factor through packed bed such as flow rate, type of packing, packing height, inlet temperature and wall effect (D/d_p) and calculating the parameters of packed bed characterization (particle friction factor, drag force and power consumption).

2. THEORY

The pressure drop is the change in pressure between two points of a fluid, occurs when frictional forces, due to the resistance to flow, act on a fluid as it flows through the porous media and fluid viscosity. Pressure drop increases by increasing the frictional shear forces. After decades of intensive research, it is generally accepted that the pressure drop can be calculated by simple, semi empirical models like the Ergun equation in a satisfactory way, at the limit of an infinitely expanded packed bed**, Winterberg,** and **Tsotsas, 2000**. The rate of momentum transfers from the fluid to the solid particles therefore; the pressure drop for flow through the bed is related to the physical mechanisms by which flow occurs. The pressure drop over a range of Re_p that comprises laminar and turbulent flow regimes may be considered to be the sum of following two classes: firstly, proportional to fluid velocity, that is caused by viscous resistance at the walls of the pore, secondly, proportional to the square of the fluid velocity, that is attributable to inertial resistance, additionally to kinetic energy losses caused by direction change**, Comiti,** and **Renaud, 1989**.

For calculating pressure drop Ergun equation is the general equation valid for laminar, turbulent as well as transitional region**, Geankoplis, 2008**:

$$\Delta P = \frac{150\,\mu_f\,u_s\,L}{\emptyset^2\,{d_p}^2}\frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} + \frac{1.75\,\rho_f\,{u_s}^2 L}{\emptyset\,d_p}\frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3} \quad (1)$$

The first term gives the Blake-Kozony equation for laminar flow (viscous energy loss), void fractions less than 0.5 and $Re_p < 10$, the second term Burke – Plummer equation for highly turbulent flow (inertial energy loss), for $Re_p > 1000$.

The coefficients 150 and 1.75 in the Ergun equation are depend on the Reynolds number, particle shape and bed porosity. The average interstitial velocity in the bed is u (m/s) and it is related to the superficial velocity based on the cross section area of the empty container as follows:

$$u_s = u\varepsilon \tag{2}$$

Since the particle diameter can be defined as**, McCabe, et al.,2005**:

$$d_p = \frac{6\,(1-\varepsilon)}{\emptyset\, a} \tag{3}$$

for a sphere $\emptyset = 1$, and for non-spherical particles $0 < \emptyset < 1$**, Koekemoer,** and **Luckos, 2015**:

$$\emptyset = \frac{surface\ area\ of\ sphere}{surface\ area\ of\ particle} = \left[\frac{36\pi {v_p}^2}{{s_p}^3}\right]^{1/3} \tag{4}$$

$$a = a_v(1-\varepsilon) = \frac{6}{d_p}(1-\varepsilon) \tag{5}$$

In fixed beds, the flow is considered laminar when the Reynolds number is less than 10 and turbulent when the Reynolds number is greater than 1000. For packed beds, the Reynolds number defined as follows:

$$Re_p = \frac{\rho_f\, d_p u_s}{(1-\varepsilon)\,\mu_f} \tag{6}$$

The pressure drop in a packed bed is typically estimated by using Ergun equation with an appropriate correlation for the friction factor**, Harrison, et al., 2013**:

$$f_p = \frac{\Delta P\, d_p\, \varepsilon^3}{L\, \rho(1-\varepsilon)\, {u_s}^2} = \frac{150}{Re_p} + 1.75 \tag{7}$$

The friction factor in laminar regime is only affected by Re_p while in turbulent regime, where high of Re_p, it depends only on particles roughness**, Bird, et al., 2002**.The viscous friction at the wall increases the pressure drop, may not be negligible in comparison to that produced by particles due to the fact that friction of the wall increases relative to the total bed surface reliable to particles as the bed-to-particle diameter ratio (D/d_p) decreases**, Koekemoer,** and **Luckos, 2015**.

2.1 Velocity Distribution

One of the fundamental factors in the study of packed bed systems is the velocity distribution of the flowing fluid across the bed**, Subagyo, 1997**. When the packing construction is fixed three zones can be recognised**, Rong, et al., 2013**:

- A low-velocity zone surrounding particle surfaces.
- A high-velocity zone near the centre of stenosis of pores.
- A recirculation zone with negative velocities in the wakes of leading particles.

The assumption of homogeneous water inlet velocity and porosity bed distributions across a bed cannot be factual near the tube wall, where the solid particles have to arrange themselves differently, close to the wall the void fraction so, the water velocity will tend to be larger than in the

bulk region. The superficial velocity of water u_s divides between the bulk region and the wall region according to**, Felice,** and **Gibilaro, 2004**.

$$u_s = \left[\frac{(D/d_p)-1}{(D/d_p)}\right]^2 u_b + \left[1 - \left(\frac{(D/d_p)-1}{(D/d_p)}\right)\right]^2 u_w \quad (8)$$

Eq. (10) used to evaluate the bulk zone u_b from the total superficial velocity u_s as a function solely of the bed/particle diameter ratio D/dp under all flow conditions:

$$u_b = \frac{u_s}{2.06 - 1.06\left(\frac{(D/d_p)-1}{D/d_p}\right)^2} \quad (9)$$

Energy losses or friction losses refer to the difference in pressure needed to overcome the pressure drop during flow through tubes or packed bed. The losses only occur as a result of dynamic movement caused by flow, the pressure difference associated with this process is referred to as the dynamic differential pressure. Friction losses can only occur when flow takes place. The power consumption (P) can be calculated from the following equation**, Barbour, 1995**:

$$P = \frac{\Delta P\, Q}{\varepsilon} \quad (10)$$

The total rate of energy losses may be related to both the general pressure drop and the total drag force on all the particles such that**, Foscolo, et al., 1983**:

$$\Delta P = \frac{F_D}{A\,\varepsilon} \quad (11)$$

3. EXPERIMENTAL WORK

The experimental setup was prepared for measuring the pressure drop along the bed by using NI LabVIEW program under different ranges of experimental conditions including water flow rates (875, 1000, 1125, 1250, 1375 and 1500 l/h), inlet water temperature (20, 30, 40 and 50 ^{o}C), different shapes and sizes of packing. Before the experimental work the bed porosity was measured following the standard experimental procedure for determining the porosity of different shapes and sizes of packing. The pressure across the bed was measured by using pressure sensors which connected between them in parallel to the Data Acquisition Adaptor (DAQ). The results have been obtained from Data Acquisition Adaptor (DAQ) device known as NI-Arduino type 2560, six pressure sensors were inserted in the packed bed column axially 10 cm a part each other responsible for sensing the pressure from their positions on a bed.

The experimental rig which was used for performing the present work is shown in **Fig. 1**. The experimental apparatus was consisted of six pressure sensors with input pressure 0-15 psi→output voltage 0.5 - 4.5V, with accuracy 1.5 % of reading to measure the pressure along the bed, different types of packing, Perspex glass column (5 cm I.D, 5.5 cm O.D with a length of 50 cm) that holds the particles, holder of packing to keep the bed in position, pump to circulate the water to the test section, different valves to control the volumetric flow rate of water, rotameter to get the desired flow rate, water reservoir and temperature controller to control the water reservoir temperature.

4. RESULTS AND DISSCUSION

The effect of many operating parameters with different ranges (inlet temperature 20, 30, 40 and 50 ^{o}C, flow rate 875, 1000, 1125, 1250, 1375 and 1500 l/h, aspect ratio 4.46, 5, 5.456, 6.25, 7.7, 8.333, 8.486, bed porosity 0.396, 0.407, 0.415, 0.6, 0.68, 0.7 and 0.84) on the pressure drop will be discussed to understand and interpret.

Three types of packing were used and their specifications are tabulated in table (1).

The effect of water inlet temperature on the pressure drop illustrates in **Fig. 2**. It can be noticed that the pressure drop is decreasing by increasing the water inlet temperature for all types of packing, this may be attributed to the fact that when the temperature increases, the viscosity and density of the water decreases so, the viscous friction (frictional forces) between the layers of water will decrease.

Fig. 3 shows the effect of flow rate on the pressure drop at constant temperature. It can be seen that increasing flow rate leads to increase the pressure drop. This can be ascribed to existence of the eddy currents that react with each other which cause increasing in drag force or resistance to flow and that is in a good agreement with**, Oyinkepreye, et al., 2012**.

As a general rule, decreasing the average porosity of the bed thereby, increases the pressure drop across it as shown in **Fig. 4.** This is caused by decreasing in the particle diameter which results decreasing in the void fraction between particles causes a significantly decreasing in permeability of the bed and increasing the resistance to flow and that is in a good agreement with**, Ribeiro, et al., 2010**.

Fig. 5 shows the effect of aspect ratio on the pressure drop at constant inlet temperature It is evident that decreasing the bed-to-particle diameter ratio i.e. increasing the wall effect causes decreasing in the pressure drop because existence of larger channels near the wall regions than those formed between particles Thus, in a bed of large-size particles provides a lower pressure drop and that is in a good agreement with**, Nemec,** and **Levec, 2005, Montillet, et al., 2007.**

Fig. 6 shows the pressure drop along the bed at constant inlet temperature. It can be observed that for all inlet temperatures whenever the packed bed height increases, the water flow resistance increases this leads to increase in pressure drop.

The power consumption usually decreasing when the diameter of particle increasing. The reason for this behavior is that by increasing of average bed porosity and decreasing the resistance to flow of the water leads to decrease the pressure drop as shown in **Fig. 7.**

Fig. 8 demonstrates the comparison of experimental results of pressure drop with previous workers for flow through column packed with spheres, Ergun equation overpredict the experimental data for the reason that Ergun equation does not take into account the wall effect on pressure drop where ($/dp > 10$) (i.e. diameter of the particle is very close to that of the column) and that is in a good agreement with**, Nemec,** and **Levec, 2005**. So, for large aspect ratio ($D/dp =$ 8.33) the percentage from Ergun at four inlet temperature was 11% ,while for ($D/dp =$ 6.25, 5) the average deviation was 15 and 16% respectively. Therefore, the average deviation from Ergun prediction was decreasing as the aspect ratio increasing.

For non-spherical particles, Ergun equation was underpredicted the experimental results as shown in **Fig. 9** and **10**, where for Rasching ring with average deviations 29, 31 and 59 % for the bed-to-particle diameter ratio (D/dp) = 8.48, 7.7 and 5.45,while for irregular shape with D/dp= 4.46, the average deviation was 29.3 % for the reason that Ergun equation is mainly applicable for average bed porosity range of $0.35 < \varepsilon < 0.55$, where Ergun equation included pressure drop measurements for flow through beds packed with various sized spheres, cylindricals, sand and crushed materials**, Nemec, and Levec, 2005, Kang, 2010**.

5. CONCLUSIONS

1) The pressure drop of the water across the bed increases when both the inlet water flow rate and the aspect ratio (D/dp) increase.
2) The pressure drop across bed increases as the packing height increases.
3) The bed porosity highly affects the pressure drop and inversely proportional to it, while increasing the porosity causes increasing in particle friction factor.
4) The pressure drop across bed increases as the packing height increases.
5) The power consumption increases when the average bed porosity decreases.
6) Ergun equation was always over predicts the experimental results for sphere, while for non-spherical packing, the correlation predicts pressure drop lower than those found experimentally.

REFERENCES

- Allen K.G., von Backström T.W. and Kröger D.G., 2013, Packed bed pressure drop dependence on particle shape, size distribution, packing arrangement and roughness, Powder Technology, Vol. 246, pp. 590–600.
- Andrei Koekemoer and Adam Luckos, 2015, Effect of material type and particle size distribution on pressure drop in packed beds of large particles: Extending the Ergun equation, Fuel, Vol. 158, pp. 232–238.
- Bird R. B., Stewart W. E. and Lightfoot E. N., 2002, Transport Phenomena, 2nd Edition, pp. 291, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Brauer H. Eigenschaften der Zweiphasen-Strömung bei der Rektifikation in Füllkörpersäulen, 1960, in H. Bretschneider (Ed.), Fortschritte der Destilliertechnik. Forschungsarbeiten aus dem Max-Planck-Institut für Strömungsforschung Göttingen, Dechema-Monographien. *VCH, Weinherm*; Vol. 37. pp. 7-78.
- Changwoo Kang, 2010, Pressure Drop in a Pebble Bed Reactor, M.Sc. Thesis, Texas A&M University.
- Comiti J. and Renaud M., 1989, A new model for determining mean structure parameters of fixed bed from pressure drop measurements: application to beds packed with parallelepipedal particles. Chem. Eng. Sci., 44, pp.1539–1545.
- Eisfeld B. and Schnitzlein K., 2001, The influence of confining walls on the pressure drop in packed beds, Chemical Engineering Science, Vol. 56, pp. 4321-4329.
- Ergun S., Fluid flow through packed columns, 1952, Chemical Engineering Progress; Vol. 48, pp. 89-94.
- Felice R. Di. and Gibilaro L.G., 2004, Wall effects for the pressure drop in fixed beds, Chemical Engineering Science, Vol. 59 pp. 3037 – 3040.
- Foscolo P. U., Gibilaro L. G. and Waldram S. P. A., 1983, unified model for particulate expansion of fluidized beds and flow in fixed porous media, Chemical Engineering Science, Vol. 38, pp. 1251-1260.
- Foumeny E. A., Benyahia F., Castro J. A. A., Moallemi H. A. and Roshani S., 1993, Correlations of pressure drop in packed beds taking into account the effect of confining wall, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 36, pp. 536-540.
- Geankoplis C. J., 2008, Transport Processes and Separation Process Principles, 4th Edition, pp. 129-133, 243,475, McGraw Hill.
- Hicks R. E., 1970, Pressure drop in packed beds of spheres, Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals, Vol. 9, pp. 500-502.

- Jameson Malang, Perumal Kumar and Agus Saptoro, 2015, Computational Fluid Dynamics-Based Hydrodynamics Studies in Packed Bed Columns: Current Status and Future Directions, Chem. React. Eng, Vol.13, pp. 289–303.
- Luke D. Harrison, Luke D. Harrison, Kyle M. Brunner, and William C. Hecker, 2013, A Combined Packed-Bed Friction Factor Equation: Extension to Higher Reynolds Number with Wall Effects, AIChE Journal, Vol. 59, No. 3, pp. 703-706.
- Macdonald, I.F., El-Sayed, M.S., Mow, K., Dullien, F.A.L., 1979, Flow through porous media—the Ergun equation revisited, Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals, Vol. 18, pp. 199–208.
- McCabe W. L., Smith J. C. and Harriott P., 2005, Unit Operations of Chemical Engineering, 7th Edition, pp. 476-477, McGraw Hill.
- Montillet A., Akkari E. and Comiti J., 2007, About a correlating equation for predicting pressure drops through packed beds of spheres in a large range of Reynolds numbers, Chemical Engineering and Processing, Vol. 46, pp. 329-333.
- Nemec and Levec, 2005, Flow through packed bed reactors: 1. Single-phase flow, Chemical Engineering Science, Vol. 60, pp. 6947 – 6957.
- Oyinkepreye D. Orodu, Favour A. Makinde, Kale B. Orodu, 2012, Experimental Study of Darcy and Non-Darcy Flow in Porous Media, International Journal of Engineering and Technology, Vol. 2, No. 12, pp.1934-1943.
- Perry R. H., 2008, Chemical Engineer's Handbook, 8th Edition, pp. 6-39, McGraw-Hill, New York.
- Ranjit Singh, Saini R. P., Saini J. S., 2006, Nusselt number and friction factor correlations for packed bed solar energy storage system having large sized elements of different shapes, Solar Energy, Vol. 80, pp. 760-771.
- Ribeiro A. M., Neto P. and Pinho C., 2010, Mean Porosity and Pressure Drop measurements in Packed Beds of monosized spheres: Side Wall Effects, international review of chemical engineering, Vol. 2, pp. 40-46.
- Rong L. W., Dong K. J. and Yu A. B., 2013, Lattice-Boltzmann Simulation of Fluid Flow Through Packed Beds of Uniform Spheres: Effect of Porosity, Chemical Engineering Science, Vol. 99, pp. 44-58.
- Rong L. W., Dong K. J. and Yu A. B., (2014), Lattice-Boltzmann Simulation of Fluid Flow Through Packed Beds of Spheres: Effect of Particle Size Distribution, Chemical Engineering Science, Vol. 116, pp. 508-523.
- Sarmad T. Najim and Safa S. Al Beer, 2015, Thermal Behavior of Water Flowing Through packed bed Subjected to Wall Heat Flux, Emirates Journal for Engineering Research, Vol. 20, pp. 43-59.
- Subagyo, 1997, Velocity Distribution of Single Phase Fluid Flow in Packed Beds, Ph.D. Thesis, University of Wollongong.
- Wiley Barbour, 1995, Wet scrubbers for acid gas.
- Winterberg M. and Tsotsas E., 2000, Impact of Tube-to-Particle-Diameter Ratio on Pressure Drop in Packed Beds, AIChE Journal, Vol. 46, PP. 1084-1088.

NOMENCLATURE

a = ratio of total surface area to total volume of the bed, m^{-1}

a_v= specific surface area of a particle, dimensionless

D= column diameter, m

d_p= particle diameter, m

F_D= drag force, N
f_p= particle friction factor, dimensionless
L = length of the bed, m
P = power consumption, W
Q = volumetric flow rate, l/h
Re_p particle Reynolds number, dimensionless
S_p = surface area of a particle, m^2
Ti= inlet temperature of water ,^oC
U = average interstitial velocity in the bed, m/s
u_b = average bulk velocity, m/s
u_s = superficial velocity in the bed, m/s
u_w= average Velocity at wall column, m/s
v_p = particle volume, m^3
ε= porosity, dimensionless
$\emptyset$= sphericity, dimensionless
μ_f= fluid viscosity, kg/m^3
ρ_f= fluid density, kg/m^3
ΔP= pressure drop through packed bed, Pa

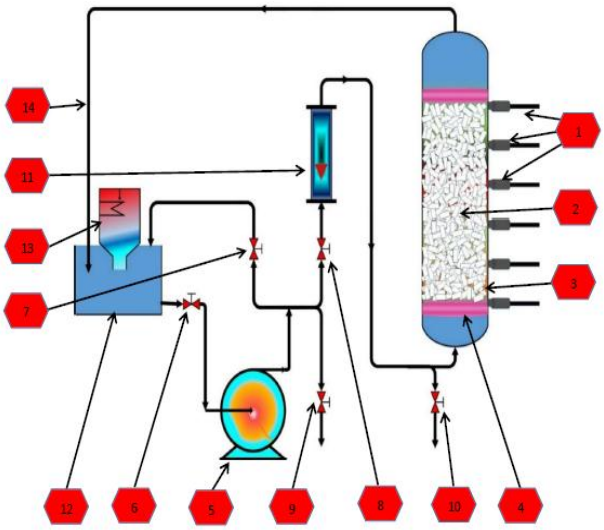


Figure 1. Schematic diagram of experimental setup.

1. Pressure sensors, 2. Packing, 3. Perspex column, 4. Holder of packing, 5. Pump, 6. Main valve (V-1)), 7. By-pass valve (V-2), 8. Rotameter valve (V-3), 9. Drain valve 1 (V-4), 10. Drain valve 2 (V-5), 11. Rotameter, 12. Water reservoir, 13. Temperature controller, 14. Hose.

Table 1. Packed bed parameters.

Type of Packing	dp (mm)	D/dp	Ø	ε
Sphere	6	8.33	1	0.396
	8	6.25	1	0.407
	10	5	1	0.415
Rasching ring	5.8	8.48	0.44	0.6
	6.4	7.7	0.31	0.68
	9.1	5.45	0.2	0.84
Intalox saddle	11.2	4.46	0.3	0.7

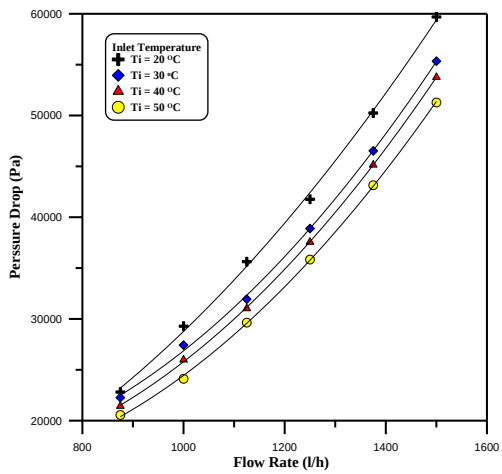


Figure 2. Pressure drop vs. flow rate for sphere at dp = 6 mm.

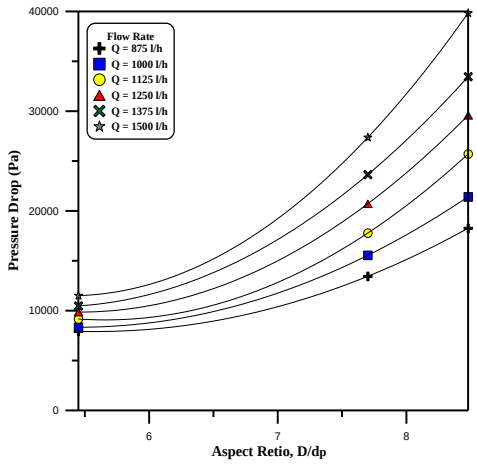


Figure 3. Pressure drop vs. aspect ratio for Rasching ring at Ti =20 ^{o}C.

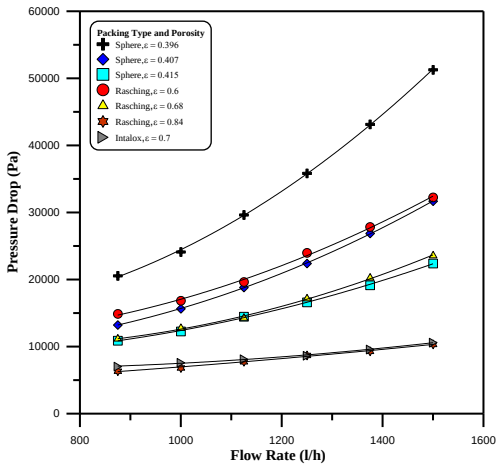


Figure 4. Pressure drop vs. flow rate for different shapes and sizes packing at Ti = 50 ^{o}C.

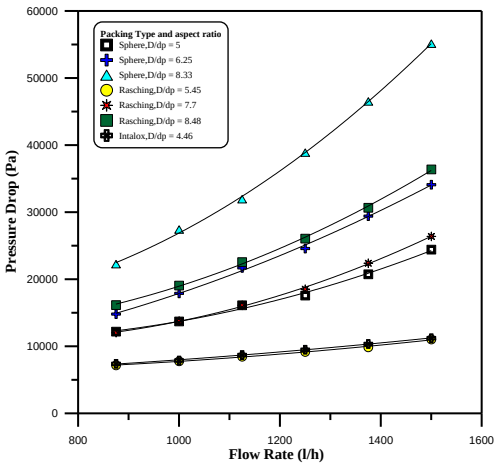


Figure 5. Pressure drop vs. flow rate for different shapes and sizes packing at Ti = 30 ^{o}C.

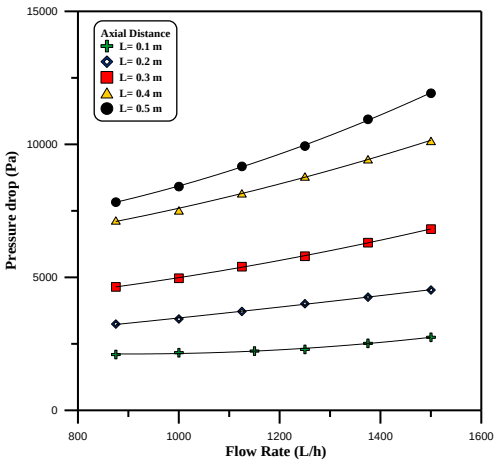


Figure 6. Pressure drop vs. flow rate for intalox saddle at dp=11.2 mm, Ti = 20 ^{o}C.

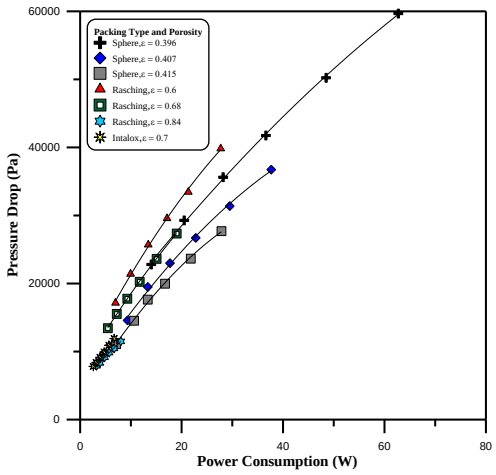


Figure 7. Pressure drop vs. power consumption for different shapes and sizes packing of spheres at Ti = 20 ^{o}C.

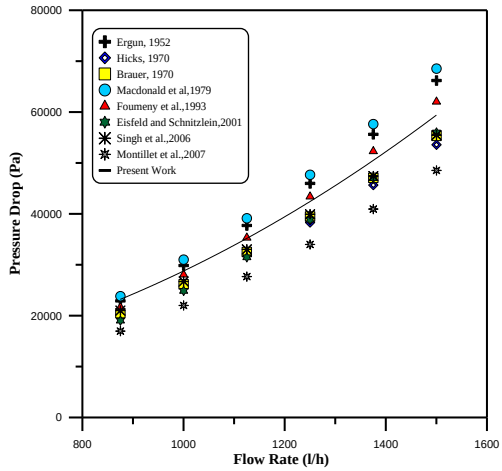


Figure 8. Comparison of present results for sphere with previous workers at dp=6 mm,Ti=20 ^{o}C.

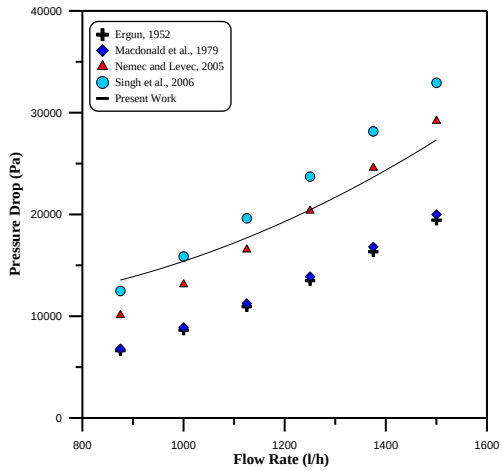


Figure 9. Comparison of present results for Rasching ring with previous workers at dp = 6.4 mm, Ti=20 ^{o}C.

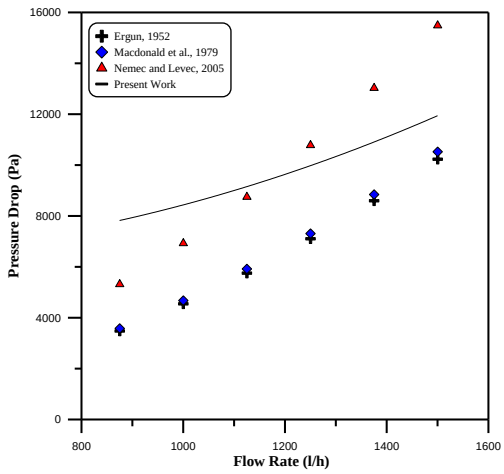


Figure 10. Comparison of present results for intalox saddle with previous workers at dp = 11.2 mm, Ti=20 ^{o}C.

Cathodic Protection Design Algorithms for Refineries Aboveground Storage Tanks

Kosay Abdul sattar Majbor
Assistant professor
Dept. of Elect. Power Tech.
Al-Mamon College
kosaysm@yahoo.com

Qais Matti Alias
Lecturer
Dept. of Elect. Engg.
Univ. of Technology
qaismatti2004@yahoo.com

Wafa Faraj Tobia
Assistant Lecturer
Dept. of Elect. Engg.
Univ. of Technology
Umfarah2005@yahoo.com

Mohamed Adnan Hamed
Engineer
State Comp. for Oil Projects
Ministry of Oil/IRAQ
m.adnan.scop@gmail.com

ABSTRACT

Storage tanks condition and integrity is maintained by joint application of coating and cathodic protection. Iraq southern region rich in oil and petroleum product refineries need and use plenty of aboveground storage tanks. Iraq went through conflicts over the past thirty five years resulting in holding the oil industry infrastructure behind regarding maintenance and modernization. The primary concern in this work is the design and implementation of cathodic protection systems for the aboveground storage tanks farm in the oil industry.

Storage tank external base area and tank internal surface area are to be protected against corrosion using impressed current and sacrificial anode cathodic protection systems. Interactive versatile computer programs are developed to provide the necessary system parameters data including the anode requirements, composition, rating, configuration, etc. Microsoft-Excel datasheet and Visual Basic.Net developed software were used throughout the study in the design of both cathodic protection systems.

The case study considered in this work is the eleven aboveground storage tanks farm situated in al-Shauiba refinery in southern IRAQ. The designed cathodic protection systems are to be installed and monitored realistically in the near future. Both systems were designed for a life span of (15-30) years, and all their parameters were within the internationally accepted standards.

Keywords: Aboveground storage tanks; Corrosion control; Impressed current cathodic protection; Sacrificial anode cathodic protection.

خوارزميات تصميم الحماية الكاثودية لخزانات المصافي

أ.م.د. قصي عبدالستار مجبور
قسم تقنيات القدرة الكهربائية
كلية المأمون

م.د. قيس متي الياس
قسم الهندسة الكهربائية
الجامعة التكنولوجية

م.م. وفاء فرج طوبيا
قسم الهندسة الكهربائية
الجامعة التكنولوجية

المهندس محمد عدنان حميد
الشركة العامة للمشاريع النفطية
وزارة النفط - العراق

الخلاصة

من المعروف ان جنوب العراق غني بالموارد النفطية، ولاستثمار هذه الموارد بنيت العديد من المنشآت وخزانات النفط. ولكن خلال الخمس وثلاثين سنة الماضية تعرضت البنى التحتية للصناعة النفطية الى كثير من الاهمال في جانبي الصيانة والتطوير، ومنها على سبيل المثال تعرض خزانات النفط الى التآكل بسبب عدم فاعلية منظومات الحماية الكاثودية.

الدراسة الحالية تهدف الى تصميم وتنفيذ منظومات حماية كاثودية لهذه الخزانات ، حيث أعتمد في هذه الدراسة طريقتين لتنفيذ هذه المنظومات ، القطب المضحي وطريقة حقن التيار الكهربائي . لتنفيذ هذه الدراسة ، طورت برمجيات لوضع تصاميم لمنظومات الحماية الكاثودية وتنفيذها لأحد عشر خزانا للنفط في مصفى الشعيبة ، بأستخدام الطريقتين والاشتغال لفترة زمنية 15-30 سنة . النتائج المستحصلة كانت ضمن الحدود القياسية الدولية ومن المؤمل أستخدامها من قبل وزارة النفط في المستقبل القريب.

الكلمات الرئيسة: خزانات فوق الارض، التآكل، حماية كاثودية بالتيار القسري، حماية كاثودية بأقطاب مضحية.

1. INTRODUCTION

Aboveground storage tanks are vital components in many industries dealing with fluids and in particular those huge tanks used in the petroleum industry. Storage tanks situated on soil ramps are exposed to various causes of corrosion processes. Corrosion is an electrochemical process interaction between the structure metal (tank base and wall) and its environment (water, soil, etc.) resulting in a change of the metal properties and ultimately structure failure. Broadly speaking, corrosion is characterized by, presence of an electrolyte (fluids, soil, etc.), presence of corrosion cells i.e. two patches of the metal surface become electrically connected through the electrolyte. Factors affecting corrosion are, metal fabrication process, stresses, presence of acids, oxygen and other gases sulphide, bacterial activities, etc. **Fig. 1** shows a symbolic corrosion cell containing the four main corrosion components, namely, the anode, the cathode, the metallic structure, and the electrolyte, **API, 2007**.

In order to prevent the structure metal deterioration due to corrosion, Cathodic Protection (CP) is applied to halt or delay the corrosion process. Cathodic protection is an electrical based method used to turn the metal structure into a cathode by means of DC current injection or by the attachment of galvanic/or sacrificial anodes. Each CP method has its merits and flaws, therefore, the decision on which to use is very dependent on the structure, the environment, the economy, etc. For corrosion mitigation in aboveground storage tanks, both CP methods are in wide use, **USA ARMY** and **Durham, 2005**.

Fig. 2 shows sample sections of aboveground storage tank protected by the two abovementioned CP methods. Practically, storage tank base external surface is protected using the DC current injection method, widely known as, Impressed Current Cathodic Protection (ICCP), while the tank base inner surface and wall are protected by sacrificial anodes attachment.

In this work computer software are developed, one in Microsoft-Excel sheet and the second in Visual Basic.Net interactive platform, both for the design of CP systems for use in aboveground storage tanks. The aboveground storage tank farm of al-Shauiba refinery, situated in al-Basrah governorate in southern IRAQ is considered in this work for case study. The work was done in response to the request by the State Company for Oil Projects (SCOP) of properly designed CP systems for use in the abovementioned site. The design results obtained are well within the international standard requirements for such CP applications.

2. CATHODIC PROTECTION IN ABOVEGROUND STORAGE TANKS

The primary concerns in hydrocarbon fluid tank installations are loss of product, hazardous material leak, and pollution where metal corrosion can be the main cause. Soil resistivity provides a measure of the soil corrosivity, therefore the tank farm site resistivity survey is an important design prerequisite. A general resistivity classification is given in **Table 1, API, 2007.** Coating is used in aboveground storage tanks as another counter corrosion measure. Most coatings are either wrapped or painted on the metal structure surface. A sample coating types and their use in tank structures is given in **Table 2**, **Schweitzer, 2007.**

In galvanic/or sacrificial anode CP systems the anode corrodes with time keeping the protected structure potential below the corrosion level. **Table 3** shows a sample of different sacrificial anode specifications commonly used in CP systems.

In ICCP systems, an external source of D.C. voltage is employed to drive the current between the buried anode and the protected metallic structure. The positively connected anode mostly used is of high silicon iron material, but others, as the sample given in **Table 4** are also in use. Negatively

connected protected metallic structures should be always kept at potentials below those given in **Table 5, USA ARMY, 2005.** Anodes usually buried in coke breeze backfill for anode life extension and the reduction of the anode-soil contact resistance, **API, 2007**.

A variety of ways and methods are practiced in anode installations for aboveground storage tank CP systems. **Fig. 3** shows such practically adopted installations, **API, 2005, Hawkins**, **Kroon** and **Urbas**, **2009**. **Fig. 3 a-b** are used in sacrificial anode CP systems for tank internal base and wall surface protection. **Fig. 3 c-g** shows the different installation methods of ICCP systems for tank base external surface protection. The choice of the method for a particular structure is very much dependent on, soil chemical and electrical properties, tank size and number, the stored fluid, boundary conditions, etc.

In IRAQ, most of the aboveground storage tanks are cathodically protected adopting the shallow anode bed type with anode beds distributed amongst tank groups.

3. DESIGN ASPECTS OF TANK CATHODIC PROTECTION

The CP for aboveground storage tanks (oil products and/or water), covers the internal and external surfaces of the tank metal. Pure hydrocarbon fluids are usually not corrosive and do not require corrosion control for internal surfaces. However, based upon experience, internal corrosion may occur in aboveground storage tanks that have internal surfaces exposed to water, sediments, or other contaminants. Irrespective of the CP system type, whether sacrificial anode or ICCP, a soil resistivity test of the installation site is required. Moreover, a D.C. current requirement test if possible need to be done, if not, an estimated (from experience of previous application) current density value is adopted for the CP system design, and the CP system current requirement is then calculated.

3.1 Protective Current Requirements

D.C. protective current required (I_s) for any CP system depends upon, physical dimension of structure to be protected, estimated current density, holiday's percentage (coating deficiency or coating breakdown), ambient temperature and site measured soil resistivity. The required current can be simply calculated using, **Bushman, 2010**:

$$I_s = J_s * A * (1\text{-}CE) \quad (1)$$

Where the tank area to be protected $(A) = \pi * D_t * [(D_t / 4) + H]$ (2)

3.2 Elements of the CP Circuit Resistance

It's a rule of thumb to consider a maximum anode bed resistance of 1Ω and a CP circuit maximum total resistance of 2Ω as acceptable values in the CP system design procedure, **USA ARMY, 2005, Baekmann, et al., 1997, Kutz, 2005**. The cathodic protection circuit resistance includes the anode bed to soil resistance, the connections (wire/cable) resistance, and the structure to soil resistance. In CP design studies, calculating the anode bed resistance, H.B Dwight equations are the standard relations used, **Baekmann, et al., 1997, Peaboody, 2001**. The anode bed resistance has the major role in determining the amount of the anode material to be used. Multiple anodes are used in cases where the current capacity of one anode is not sufficient for the CP system or when the anode bed resistance is higher than 1.0 Ω. Therefore, the number of anodes is very much dependent on the structure size and soil characteristics. The anode bed resistance (R_n) to earth is calculated using, **API, 2007, Kutz, 2005** :

$$R_n = \frac{0.00521\rho}{N\,L_a}\left(ln\frac{8\,L_a}{D_a} - 1 + \frac{2\,L_a}{S_a}\,(\,ln\,0.656\,N\,)\right) \quad (3)$$

The anode bed components and the tank structure are electrically interconnected by insulated stranded copper cables. The copper cables have an inherent resistance (R_c), and at 55 ºC can be calculated using the following equation:

$$R_c = \frac{L_c}{56 * S_c} \quad (4)$$

The tank to soil resistance ($R_{s\text{-soil}}$) is a very marginal quantity in the CP system total resistance and therefore often neglected. In this work, a simple Wenner method based equation is used to calculate the tank to soil resistance and is given by, **API, 2007, Kutz, 2005, Peaboody, 2001**;

$$R_{s-soil} = \frac{\rho}{191.5\,h_d} \quad (5)$$

Finally, the total cathodic protection circuit resistance (R_T) is a simple series sum and given as:

$$R_T = R_n + R_c + R_{s-soil} \quad (6)$$

3.3 Anodes Number and Life

In section 3.2, a starting anode number is reached based on the protected structure size and the supposed current density requirements. As anode materials disintegrate with time, which leads to improper functioning of the CP system, the anodes life expectancy calculation is an important factor to consider. Obviously, the CP system shall be designed to perform its task protecting the structure throughout its operating life. Therefore a check on the anodes estimated life need to be done in order to determine whether the CP system design will provide the necessary protection. **Bushman, 2010** proposed Eq. (7) for calculating the estimated life (AL) in years of an anode, and is given as:

$$AL = (\,CR / 8760\,)(\,W_a * EF_a * UF_a / I_a\,) \quad (7)$$

In Eq. (7), W_a is replaced by ($N \times W_a$) for N anodes and I_a is replaced by I_s, both for a multi anode chain CP system. A settlement on the number of anodes can be reached for the desired life expectancy (in IRAQ, usually 30 years for ICCP and 15 years for sacrificial anode systems are assumed).

3.4 Selecting the DC Power Supply

Many factors are needed to be considered in the process of determining a particular D.C. power supply for an ICCP system. Among these factors are, the D.C. current, the D.C. voltage, the power requirement, the controls, the monitoring and metering, etc. It is a known fact that over the years of use, the protected structure coating deteriorates leading to increased ICCP system current requirement. Moreover, seasonal meteorological environmental changes do impact the ICCP system parameters, due to changes in the surrounding medium. With the above mentioned in mind, and having calculated the I_s and R_T of the particular CP system, the required driving source voltage (Vs) can be determined. That is simply done using Eq. (8) (Ohm's law). The voltage Vs is scaled up by 150% to cater for variations in the CP system demand.

$$Vs = 1.5 \times I_s \times R_T \quad (8)$$

4. AL-SHAUIBA TANK FARM: CASE STUDY AND RESULTS

The revamping, of al-Shauiba refinery, located in al-Basra governorate south of IRAQ is a part of national Iraqi agenda to upgrade the country refining capabilities. This site was also called "Ash Shaaibiya refinery" was built in 1970, started operation 1974. The refinery is around 50 km from the Arabian Gulf and was built to supply part of IRAQ hydrocarbon products, **Basra_Refinery**. The relevant part of this project to the work in hand is the CP system design for several aboveground storage tanks.

The tank farm consists of eleven tanks for storage of benzene, gasoil, crude oil and water for firefighting. **Fig. 4** shows sample photos of the tank farm area. The project site top view mapping is shown in **Fig. 5** and the tanks dimensions are given in **Table 6**.

4.1 Al-Shauiba Depot: Site Survey

Al-Shauiba tank farm project site was visited and surveyed during Feb. 2015. The visit was mainly to inspect the site soil and collect data regarding site soil resistivity. The Winner-four pin method for soil resistivity measurements was used in the data collection. It is worth mentioning here that, due to the military activities during the past few decades, huge amount of hydrocarbons was leaked to the surrounding soil. **Figure 6** shows site photos showing the affected soil layers.

Extensive series of soil resistivity measurements were conducted in site. The measurements were done on three depths in order to collect non-polluted earth soil resistivity readings. **Table 7** shows a summarized site soil resistivity results. A note need to be brought here is, the area water table is in the range of 8-12 meters.

4.2 Al-Shauiba Tank Farm CP Systems

Four CP systems were designed for the eleven tanks external surfaces cathodic protection. A CP system for the four benzene and gasoil tanks, two CP systems for each pair of the crude oil tanks and a single CP system for the firefighting water tanks. Deep well anode type installation is used for all CP systems due to site restrictions. The anode beds position are marked on **Fig. 5**.

Fig. 7 – 9, show sample ICCP system design parameter screen results for the water tanks, crude oil tanks, and the benzene and gasoil tanks respectively. In the mentioned figures, the current, the anode, the ground bed, and the transformer/.rectifier (T/R) parameters are presented.

The sacrificial anode CP system parameters, designed for the three tanks sizes mentioned earlier are presented in **Fig. 10.**

5. CONCLUSIONS

This work highlights the design and application of both sacrificial anode and the impressed current cathodic protection systems. Fast, versatile and interactive computer algorithms were developed for use in the CP systems design. The work was done in response to SCOP/IRAQ request for development of such algorithms. Two programs were built, one based on Microsoft-Excel sheet and the second on Visual Basic.Net programming. Both algorithms were used to design the cathodic protection systems necessary for the al-Shuaiba refinery tank farm. The calculated CP system parameters for the three

tank sizes are all within the practically accepted standards in the oil industries. Finally, the versatile nature of the written programs makes it possible to use them in designing the required CP systems in any environment and for any metal structure.

REFERENCES

- API recommended practice 651, 2007, *Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage*
- *Tanks* , API publishing services, USA, PP. 1 - 43.
- Baekmann, V. W., Schwenk, W., and Prinz, W., 1997, *Handbook of Cathodic Protection*, 3rd.
- edition, Gulf professional publishing, USA, book, PP. 207 - 264.
- *Basra Refinery-Oil 4 A*ll, online, WiKi.openoil.net/index.php? title=Basra_Refinery, Dec. 2015.
- Bushman, J. B., 2010, *Corrosion and Cathodic Protection Theory*, Bushman & associate
- Inc., USA, book, PP. 1 - 30.
- Durham, M. O. and Durham, R. A., 2005, *Cathodic Protection: Consequences and Standards from*
- *Using CP Systems to Prevent Corrosion*, IEEE Industry Application Magazine, Vol. 11,
- Issue 1, PP. 41 – 47.
- Hawkins, C., *Internal Cathodic Protection of Tanks and Vessels*, available at:
- http://www.nace-jubail.org/meetings/forum/monmor/cts.pdf, Dec. 2015.
- Kroon, D. H., and Urbas, M., 2009, *Cathodic Protection of Aboveground Storage Tank*
- *Bottoms*, available at: http://www.corrpro.co.uk/pdf/TechnicalPapers/, PP. 1 – 6, accessed Dec. 2015.
- Kutz, M., 2005, *Handbook of Environmental Degradation of Materials*, 2nd. edition, William
- Andrew Publishing, USA, book, PP. 503 - 521.
- Peaboody, A. W., 2001, *Control of Pipeline Corrosion*, 2nd. edition, NACE press USA, book,
- PP. 131 - 176.
- Schweitzer, P. A., 2007, *Corrosion Engineering Handbook*, 2nd. edition, CRC Press,
- USA, book, PP. 11-53.
- USA army corps of engineers, 2005, *Electrical Design, Cathodic Protection*, UFC 3- 570 –
- 02A, Washington D.C., PP. 1 - 9.

NOMENCLATURE

A = the protected structure surface area in (m^2)
AL = anode estimated life in (years)
CE = the coating efficiency in %
CR = the anode consumption rate (A.hr/kg)
D_a = the anode diameter including backfill in (m)
D_t = the tank base diameter in (m)
EF_a = the anode efficiency
H = the water or sludge height in water and hydrocarbon product tanks respectively in (m)
= zero in case of protecting tank base outer surface only
h_d = the horizontal distance between the anode-bed and the tank base center (m)

Ia = the anode current (A)
I_s = the required current in (A)
J_s = the supposed current density measured or acquired for a particular soil and structure material measured in (mA/m^2)
L_a = the anode length including the backfill in (m)
L_c = the cable length in (m)
N = the number of anodes
R_n = anode bed resistance (Ω)
R_c = cable resistance (Ω)
$R_{s\text{- soil}}$ = tank to soil resistance (Ω)
R_T = the total cathodic protection system circuit resistance (Ω)
S_a = the anode spacing in (m)
S_c = the cable cross sectional area in (mm^2)
UF_a = the anode utilization factor (usually assumed 0.85)
Vs = the supply voltage (V)
W_a = the anode weight (kg)
ρ = the soil resistivity in (Ω-m)

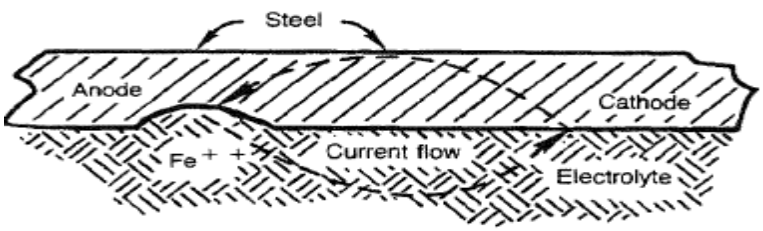
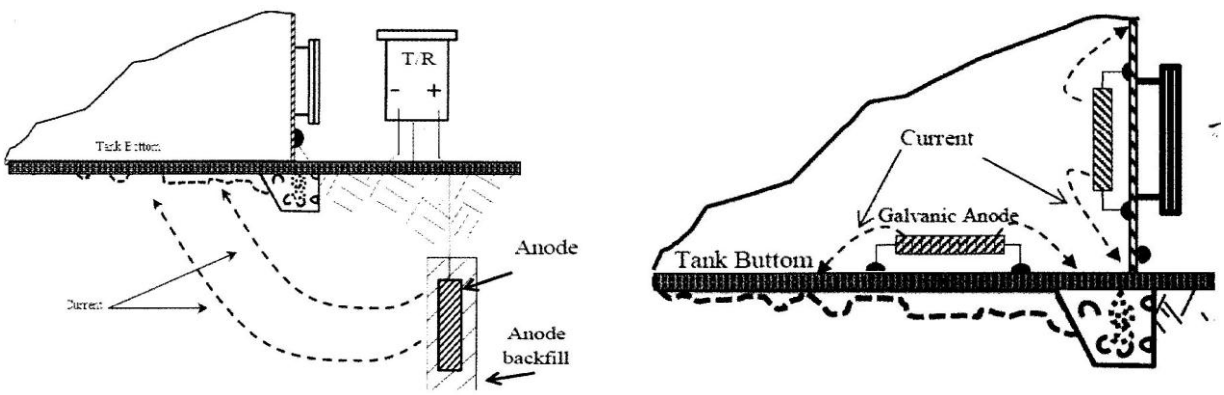


Figure 1. Corrosion in a metal structure (Sample), **API, 2007.**



(a) Impressed current cathodic protection **(b)** Sacrificial anode cathodic protection

Figure 2. Aboveground storage tank CP systems, **API, 2007**.

Table 1. General classification of resistivity.

Resistivity Range (Ohm-m)	Potential Corrosion Activity
< 5	Very corrosive
5 - 10	Corrosive
10 - 20	Moderately corrosive
20 - 100	Mildly corrosive
> 100	Progressively less corrosive

Table 2. Sample coating type and use**.**

Coating Type	Tank Surface	
	Internal	External
Coal tar / tape	A	A
Epoxy	A	N/A
Vinyl's	N/A	N/A
Resins	A	N/A
Alkyds	N/A	N/A
A= Applicable; N/A= Not Applicable		

Table 3. Properties of Sample Sacrificial Anodes, **USA ARMY, 2005**.

Anode Material	Amp-hrs. per kg.	Potential (V) Cu/CuSo4	Density g/cm^3	Current Density A/m^2
Zn	780	-1.1	7.1	0.5 - 2.0
Al	2700	-1.15	2.7	0.6 - 2.5
Mg	1230	-1.55	1.7	1.5 – 5.6

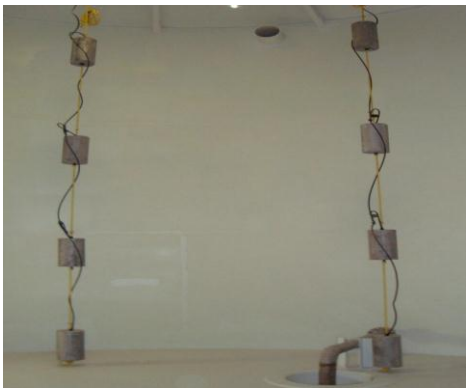
Table 4. Sample impressed current anodes.

Anode Material	Maximum Voltage (Volt)	Current Density A/m^2
Platinum/Niobium	100	250 -1500
Lead/Silver/ Antimony	100	250 – 1000
High Silicon Iron	100	10 – 100
Graphite	25	200

Table 5. Metals Potential.

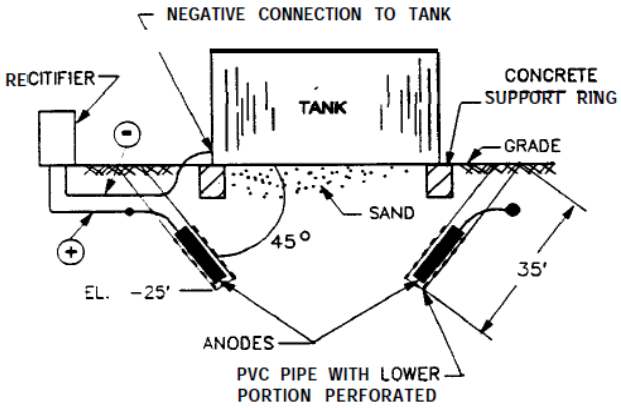
Metal	Potential (mV), Cu/CuSo4
Steel	-850
Steel (Sulphate reducing bacteria)	-950
Copper alloys	-500 to -600
Lead	-600

(a) Sacrificial surface bolted anode

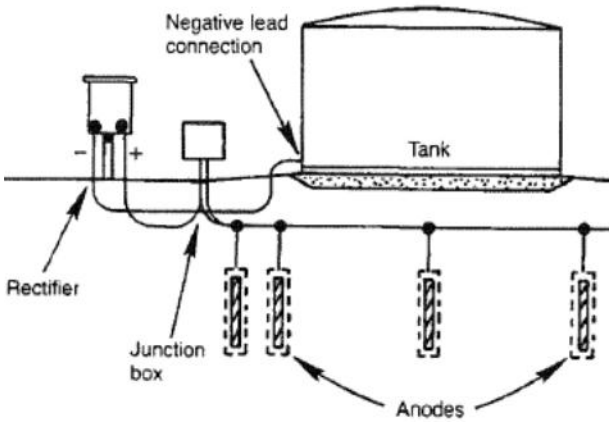


(b) Sacrificial string anodes

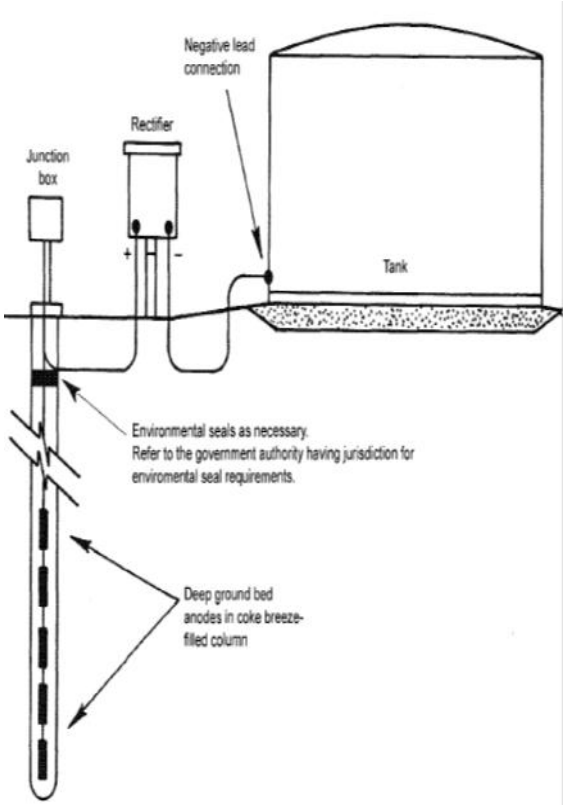
Figure 3. Sacrificial anode and ICCP systems in aboveground storage tank application.



(c) ICCP angle drilled anode system
API, 2007



(d) ICCP shallow anode bed installation
API, 2007



(e) ICCP deep anode bed installation
API, 2007

(f) ICCP grid anode system

(g) ICCP loop anode system

Figure 3. Continued.

Figure 4. Sample photos of al-Shauiba tank area.

Table 6. Al-Shauiba tank farm specifications.

Tank Designation	Storage Liquid	Tank Diameter	Tank Height
Tk01, Tk02	Benzene	45m	12m
Tk03, Tk04	Gasoil	45m	12m
Tk05,Tk06, Tk07, Tk08	Crude	72m	12m
FF-01, FF-02, FF-03	Water	20m	12m

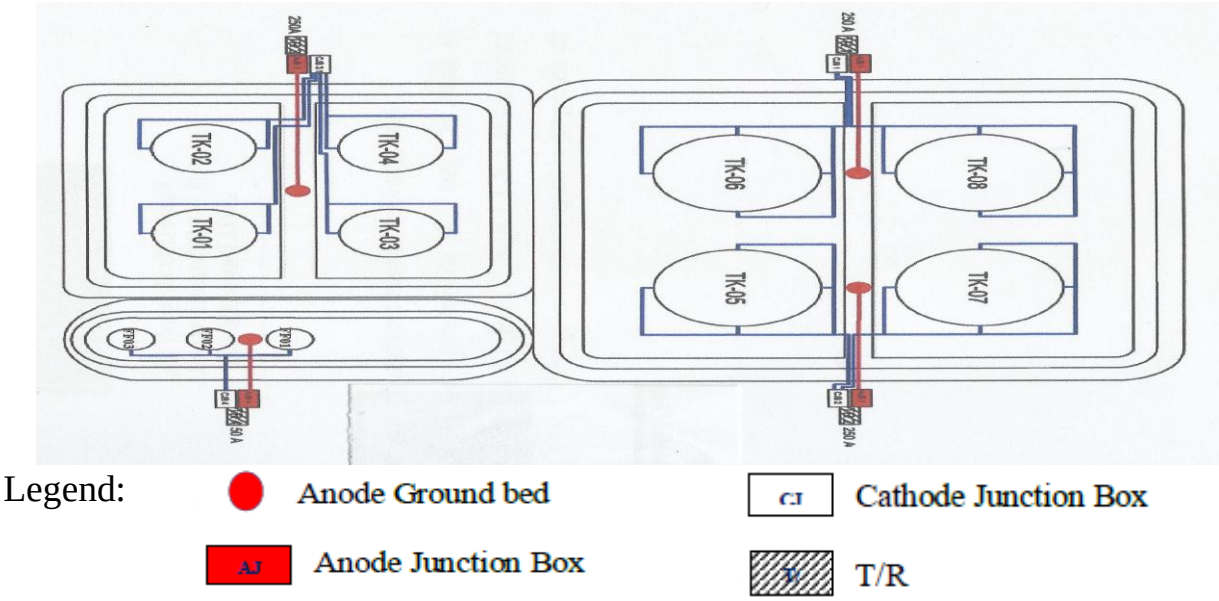


Figure 5. Top view of al-Shauiba tank farm.

Figure 6. Soil layers at al-Shauiba depot**.**

Table 7. Al-Shauiba depot: soil resistivity readings.

Tank Area	Measurement Depth (m)	Measured Soil Resistivity (Ω.m)
TK-01, TK-02, TK-03, TK-04	0.85 2.5 6	95 25 5
TK-05, TK-06, TK-07, TK-08	0.85 3 6	112 25 5
FF-01, FF-02, FF-03	0.85 3 6	169 25 5

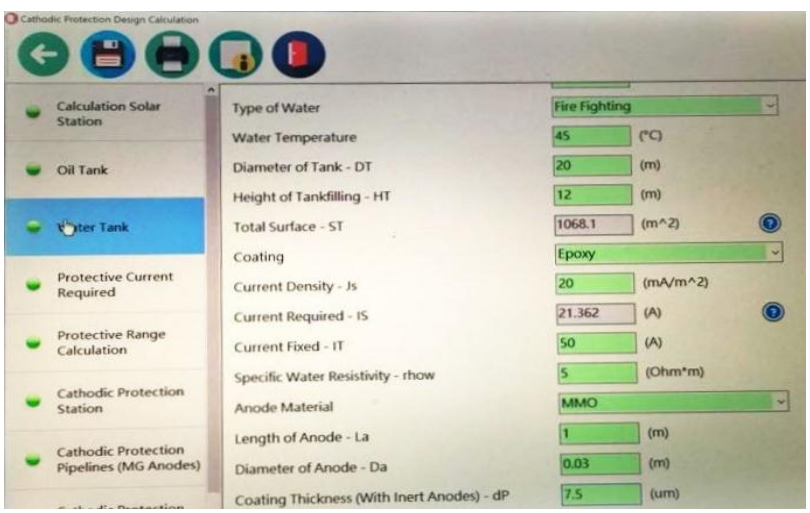


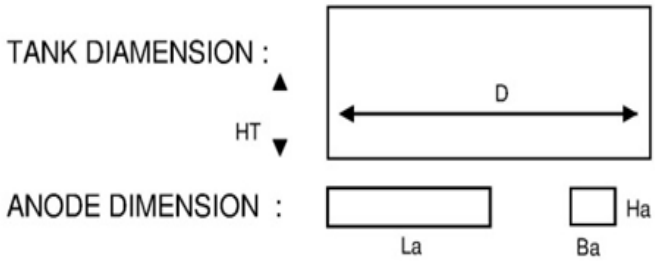
Figure 7. VB.Net sample window: ICCP for water tanks.

CP-STATION No.: CRUDE OIL	TANKS TK05 - TK06		
CURRENT REQUIRED (2 TANKS)	IS	(A)	162.8
CURRENT FIXED	IT	(A)	250
SOIL RESISTIVITY	rho	(Ohm*m)	5
ANODENMATERIAL			MMO
LENGTH OF ONE ANODE	La	(m)	1
DIAMETER OF ANODE	Da	(m)	0.025
ARRANGEMENT OF ANODES			CHAIN
MEDIUM			SALTY WATER
OPERATING CURRENT PER 1 ANODE		(A)	9.04
NUMBER OF ANODES (TOTAL)	n		18
DISTANCE BETWEEN TWO ANODES	s	(m)	2
DEPTH OF GROUNDBED (WATER LEVEL)	tb	(m)	40
LENGTH OF GROUNDBED	Lb		60
TOTAL DEPTH OF BOREHOLE [23]	T	(m)	100
DIAMETER OF GROUNDBED	Db		0.3
GROUNDBED RESISTANCE [22]	Rb	(Ohm)	0.082
LENGTH OF CATHODE CABLE (AVERAGE)	Lc	(m)	200
SIZE OF CATHODE CABLE (8 CABLES 95 mm^2)	Sc	(mm^2)	760
RESISTANCE OF CATHODE CABLE [10]	Rcc	(Ohm)	0.005
LENGTH OF ANODE CABLE (AVERAGE)	Lca	(m)	200
SIZE OF ANODE CABLE (3 CABLES 16 mm^2)	Sca	(mm^2)	48
RESISTANCE OF ANODE CABLE [10]	Rca	(Ohm)	0.074
TOTAL RESISTANCE OF CABLE [21]	Rc	(Ohm)	0.079
TOTAL EARTHING RESISTANCE [13]	RT	(Ohm)	0.161
LIFETIME OF GROUNDBED	LF	(years)	20
TRANSFORMER RECTIFIER OUTPUT			
TOTAL EARTHING RESISTANCE [13]	RT	(Ohm)	0.161
TOTAL CURRENT FIXED	IT	(A)	250
VOLTAGE [14]	V	(V)	40.4
VOLTAGE FIXED	VT	(V)	70
OUTPUT POWER [15]	P	(W)	17500

Figure 8. Excel sheet sample: ICCP for crude oil tank**.**

CP-STATION No.: 2 - BENZIN AND GASOLNE	TANKS TK01 - TK02 - TK03 - TK04		
CURRENT REQUIRED (4 TANKS)	IS	(A)	127.2
CURRENT FIXED	IT	(A)	250
SOIL RESISTIVITY	rho	(Ohm*m)	5
ANODENMATERIAL			MMO
LENGTH OF ONE ANODE	La	(m)	1
DIAMETER OF ANODE	Da	(m)	0.025
ARRANGEMENT OF ANODES			CHAIN
MEDIUM			SALTY WATER
OPERATING CURRENT PER 1 ANODE		(A)	7.07
NUMBER OF ANODES (TOTAL)	n		18
DISTANCE BETWEEN TWO ANODES	s	(m)	2
DEPTH OF GROUNDBED (WATER LEVEL)	tb	(m)	40
LENGTH OF GROUNDBED	Lb		60
TOTAL DEPTH OF BOREHOLE [23]	T	(m)	100
DIAMETER OF GROUNDBED	Db		0.3
GROUNDBED RESISTANCE [22]	Rb	(Ohm)	0.082
LENGTH OF CATHODE CABLE (AVERAGE)	Lcc	(m)	125
SIZE OF CATHODE CABLE (8 CABLES 95 mm^2)	Sc	(mm^2)	760
RESISTANCE OF CATHODE CABLE [10]	Rc	(Ohm)	0.003
LENGTH OF ANODE CABLE (AVERAGE)	Lca	(m)	200
SIZE OF ANODE CABLE (3 CABLES 16 mm^2)	Sc	(mm^2)	48
RESISTANCE OF ANODE CABLE [10]	Rca	(Ohm)	0.074
TOTAL RESISTANCE OF CABLE [21]	Rc	(Ohm)	0.077
TOTAL EARTHING RESISTANCE [13]	RT	(Ohm)	0.160
LIFETIME OF GROUNDBED	LF	(years)	20
TRANSFORMER RECTIFIER OUTPUT			
TOTAL EARTHING RESISTANCE [13]	RT	(Ohm)	0.160
TOTAL CURRENT FIXED	IT	(A)	250
VOLTAGE [14]	V	(V)	39.9
VOLTAGE FIXED	VT	(V)	70
OUTPUT POWER [15]	P	(W)	17500

Figure 9. Excel sheet sample: ICCP for benzene and gasoline tank.



		CRUDE	B & G	WATER
DIAMETER OF TANK - DT	(m)	72	45	20
HEIGHT OF SHELL COATING - HT	(m)	1.5	1	12
PROTECTED SURFACE - BOTTOM [31]	(m^2)	4071.50	1590.43	314.16
PROTECTED SURFACE - SHELL [32]	(m^2)	339.29	141.37	753.98
TOTAL PROTECTED SURFACE [51]	(m^2)	4410.80	1731.80	1068.14
CURRENT DENSITY - Js	(mA/m^2)	1.5	1.5	1.5
TOTAL CURRENT REQUIRED - IS [3]	(A)	6.616	2.598	1.602
REQUIRED LIFETIME OF ANODES - LF	(years)	15	15	15
RESISTIVITY oF ELECTROLYTE- rho	(Ohm*m)	3	3	3
CHOSEN TYPE OF ANODE MATERIAL		ZINC		
CAPACITY OF ANODE - Ca	(Ah/kg)	780	780	780
DRIVING VOLTAGE OF ANODE - Ua	(V)	0.2	0.2	0.2
UTILIZATION FACTOR OF ANODE - uf		0.9	0.9	0.9
NECESSARY TOTAL MASS OF ANODES - mT [27]	(kg)	1239.3	486.6	300.1

B & G : Benzene and Gasoline

TYPE OF ANODE	LENGTH La (m)	WEIGHT ma (kg)	WIDTH Ba (m)	HEIGHT Ha (m)
	1	22	0.068	0.056

MAX. CURRENT OUTPUT OF ONE ANODE - Ia [26]	(A)	0.120	0.120	0.120
NUMBER OF ANODES (+20% SPARE) - n [28/29]		68	27	17
APPR. CURRENT OUTPUT OF ONE ANODE - I [30]	(A)	0.097	0.096	0.094
CALCULATED LIFETIME OF ANODE - LF [12]	(years)	18	18	19

Figrue 10. Sacrifical anode CP system parameters.

Compression Index and Compression Ratio Prediction by Artificial Neural Networks

Abbas Jawad Al-Taie
Assistant Professor
Engineering College-AL-Nahrain University
Email: abbasjaltaie@yahoo.com

Dr. Ahmed Faleh Al-Bayati
Lecturer
College of Engineering -AL-Nahrain University

Zahir Noori M. Taki
Assistant Lecturer
College of Engineering -AL-Nahrain University

ABSTRACT

Information about soil consolidation is essential in geotechnical design. Because of the time and expense involved in performing consolidation tests, equations are required to estimate compression index from soil index properties. Although many empirical equations concerning soil properties have been proposed, such equations may not be appropriate for local situations. The aim of this study is to investigate the consolidation and physical properties of the cohesive soil. Artificial Neural Network (ANN) has been adapted in this investigation to predict the compression index and compression ratio using basic index properties. One hundred and ninety five consolidation results for soils tested at different construction sites in Baghdad city were used. 70% of these results were used to train the prediction ANN models and the rest were equally divided to test and validate the ANN models. The performance of the developed models was examined using the correlation coefficient R. The final models have demonstrated that the ANN has capability for acceptable prediction of compression index and compression ratio. Two equations were proposed to estimate compression index using the connecting weights algorithm, and good agreements with test results were achieved.

Key words: compression index, compression ratio, index properties, artificial neural network.

التنبؤ بمؤشر ونسبة الانضغاط بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية

عباس جواد الطائي
استاذ مساعد
كلية الهندسة - جامعة النهرين

د.احمد فالح البياتي
مدرس
كلية الهندسة - جامعة النهرين

زاهر نوري محمد تقي
مدرس مساعد
كلية الهندسة - جامعة النهرين

الخلاصة

ان معرفة خصائص الانضمام للتربة مهم في التصميم الجيوتقني. نظرا للوقت والنفقات المتضمنة في إجراء اختبارات الانضمام، فإن المعادلات التجريبية التي تتضمن مؤشرات خصائص التربة مطلوبة لتقدير مؤشر الانضغاط. وعلى الرغم من اقتراح العديد من المعادلات التجريبية المتعلقة بخصائص التربة، فإن هذه المعادلات قد لا تكون مناسبة للحالات المحلية. الهدف من هذه الدراسة هو إقامة علاقة ارتباط بين خصائص الانضمام والخصائص الفيزيائية للتربة المتماسكة. وقد تم استخدام الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) للتنبؤ بمؤشر ونسبة الانضغاط من الخصائص لأكثر بساطة. تم استخدام مئة وخمسة وتسعين نتيجة اختبار انضمام للتربة التي تم أخذ عيناتها من مواقع البناء المختلفة في مدينة بغداد. استخدمت 70٪ من هذه النتائج لتدريب نماذج الـ(ANN) وباقي النتائج قسمت بالتساوي للاختبار والتحقق من صحة نماذج الـ(ANN). تم فحص أداء النماذج الرياضية المطورة باستخدام معامل الارتباط R. وقد أظهرت النماذج النهائية قدرة الـ(ANN) على التنبؤ باؤشر الانضغاط ونسبة الانضغاط بشكل مقبول. تم اقتراح معادلتين لتقدير مؤشر الانضغاط باستخدام خوارزمية أوزان الربط (connecting weights algorithm)، وتم التوصل إلى تقارب جيد مع نتائج الاختبار.

1. INTRODUCTION

Consolidation properties of soil at a particular site would require a detailed and expensive testing program, well beyond the scope of most projects budgets. Therefore, most geotechnical engineers must depend on empirical equations derived from simple soil properties.

Developing engineering correlations between various soil parameters can be achieved using different approaches such as artificial neural network (ANN). In many studies, ANN is successfully used for modeling properties and behavior of soil**, Shahin et. al., 2001.** In this study, artificial neural network (ANN) has been utilized to propose efficient models for predicting the compression index (Cc) and compression ratio (CR) of cohesive soil.

2. DATABASE

Database used in this study were collected mainly from geotechnical data compiled by **Al-Taie and Al-Busoda 2013**. It consists of consolidation and physical properties results of cohesive soil obtained from standard tests in accordance with ASTM D 2435. The cohesive soil used in this study has low to intermediate degree of compressibility and has low to high consistency. The results used were collected from various geotechnical investigations located in Baghdad city that were conducted by public agencies and private geotechnical companies. The data consisted of one hundred ninety five sets that were included seven soil parameters. Parameters are natural water content (w_n), initial void ratio (e_o), total unit weight (γ_t), dry unit weight (γ_d), effective overburden pressure (P_o), compression index (Cc), and compression ratio (CR). Table 1 presents the statistical properties of the abovementioned parameters, while, the frequency histogram for each of these parameter is presented in **Fig. 1.** It can be inferred from this figure that the chosen data is distributed widely, and hence, it can be used in the ANN investigation.

3. APPLICATIONS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Artificial neural network (ANN) has been employed to model complex problems in geotechnical engineering such as pile capacity prediction ,**Lee and Lee 1996; Park and Cho 2010; Momeni et. al. 2015**, ultimate bearing capacity of shallow foundations **, Kalinli et. al., 2011**,settlement of structures ,**Rezania and Javadi 2007; Kim and Kim 2008**. modeling soil behavior (**Ellis et. al., 1995**), site characterization ,**Basheer et al., 1996**. earth retaining structures **Goh et. al., 1995**, slope stability **,Gordan et. al. 2016**. design of tunnels and underground openings **Yoo and Kim, 2007**. liquefaction ,**Farrokhzad et. al., 2012**. soil permeability and hydraulic conductivity ,**Yusuf et. al., 2009**. soil compaction ,**Sinha and Wang, 2008**. soil swelling ,**Yilmaz and Kaynar, 2011**. strength parameters ,**Ceryan et. al., 2013**. and classification of soils ,**Cal, 1995**.
The compression index of soil was also investigated using ANN technique. For example, **Ozer et al., 2008** were applied ANN to predict the of compression index of clayey soils with the help of eight input variables of one hundred thirty five test data. They concluded that ANN provided a better prediction than those of regression equations.
Kumar and Rani, 2011, also applied ANN technique to predict compression index (Cc) of compacted soil using sixty eight soils test data, in which, good agreements with tests were achieved. It is important to note that the input data used in their investigation were fine fraction, liquid limit, plasticity index, maximum dry density, and optimum moisture content.
Park and Lee, 2011 implemented the ANN technique to predict the compression index using nine hundred and forty-seven results collected from geotechnical investigations of various construction

sites in Republic of Korea. The input data were the natural water content, liquid limit, plasticity index, specific gravity, and soil types. They achieved good agreements with the test results.
Kalantary and Kordnaeij, 2012, Alam et. al., 2014, Kashefipour and Daryaee 2014, Kurnaz et al., 2016 also applied ANN technique to predict the compression index using results collected from geotechnical investigations of construction sites in various countries. These researchers concluded that the ANN technique provided good predictions with the help of simple physical properties of soil.

From the previous studies presented above, and as summarized in **Table 2**, the following conclusions are drawn:

1. The ANN technique has been used widely to study different aspects in geotechnical engineering.
2. There are several published works concerning the utilization of artificial neural network technique for predicting compression index of soil.
3. In general, the compression index was predicted using five input variables including the initial void ratio, natural water content, liquid limit, plasticity index, and specific gravity.
4. Investigations using ANN technique were limited to study the effect of input parameters and no equations were derived.
5. There is no literature employing the application of ANN technique in studying the compressibility characteristics of soil under consideration.

Therefore, there is a need to investigate consolidation properties and aid the understanding of the physical properties of the studied cohesive soil in Baghdad city using ANN technique from which, to develop relevant prediction equations.

4. ANN MODEL DEVELOPMENT

Artificial neural networks (ANN) are becoming widely popular due to their abilities in developing complex nonlinear models and solving various mathematical tasks. Neural Network is computational tool developed for information processing in a way similar to that of biological neural system in terms of architectural structures, learning, and operating, **Demuth and Beale, 2002**.

The architecture of neural networks generally consists of an input layer, one or more hidden layers, and an output layer. The input layer usually consists of number of neurons that represents the independent test variables, in addition to a neuron having a value of one called bias. The number of hidden layers and the number neurons in these layers are usually found from trial and error to provide best predictions while keeping the network generalized **,Demuth and Beale, 2002**. The neural networks used in this paper are designed to predict Cc and CR. They consisted of one input layer, one hidden layer, and one output layer. The input layer consist three neurons. The hidden layer consists of 10 neurons (see **Fig. 2**). The output layer was to predict Cc or CR. It is important to note that the use of higher number of neurons would limit the generalization of the network and does not improve the prediction, **Demuth and Beale, 2002**.

The above described neural networks used feed-forward back propagation algorithm. The TRAINLM training function available in MATLAB R2013b was used to train the networks in association with the LERNGDM adoption learning function. Early stopping was used to improve the generalization of the networks and to avoid over-fitting **Demuth and Beale, 2002**. That is, the data

set was divided into three subsets: training, validation, and testing. The training set consists of 70% of the total input date, and the rest equally divided between validation and testing sets.

Three parameters were considered in this study (i.e. γ_t, e_o, and P_o). These parameters attested by statistical analysis to have strong influence on Cc and CR **Al-Busoda and Al-Taie, 2010 A**. Good agreements were achieved between ANN predications (training, validation, and testing) subsets with lab tests. The correlation coefficient (R) between predicted Cc and lab results was 0.93 (see **Fig. 3**), and the correlation coefficient (R) between predicted CR and lab results was 0.90 (see **Fig. 4**).

5. PROPOSED EQUATIONS TO PREDICT Cc AND CR

The following equations are proposed to predict Cc and CR. The function relationship between the independent variables and the contribution of each of these variables were determined using the connecting weight algorithm **,Garson, 1991**. Both equations were made function of γ_t, e_o, and P_o. These parameters were found to provide best predictions for Cc and CR, **Al-Busoda and Al-Taie, 2010 B.** The proposed equations are given by:

$$C_c = 0.033\, {\gamma_t}^{0.19}\, {e_o}^{0.47}\, {p_o}^{0.33} \quad (1)$$

$$CR = 0.017\, {\gamma_t}^{0.2}\, {e_o}^{0.45}\, {p_o}^{0.35} \quad (2)$$

The accuracy of the proposed equations was examined using the existing lab results. The proposed equations showed good agreements between the predictions and test results. The mean ratio of prediction to test using Eq. (1) was 1.00 with a standard deviation of 0.15 (see **Fig. 5**). The mean ratio of prediction to test using Eq. (2) was 1.00 with a standard deviation of 0.16 (see **Fig. 6**).

6. CONCLUSIONS

In this paper, two equations were proposed to help the geotechnical engineer to estimate the compression index (Cc) and compression ratio (CR) of cohesive soils. The proposed equations are function of the total unit weight (γ_t), initial void ratio (e_o), and effective overburden pressure (P_o). These equations were derived from ANN analysis using connecting weight algorithm. A database of 195 test results collected from geotechnical investigations by local public agencies and private geotechnical companies was used to train the neural networks. The later were applied to predict the compression index (Cc) and compression ratio (CR). The one hundred ninety five of lab test results were used to train, test, and validate the neural network models. In which, 70% of the database were used for training, 15% were used for testing, and the rest were used for validation. The proposed equations yielded good agreements with the test results. The mean ratio of prediction to test using equation (1) was 1.00 with a standard deviation of 0.15. The mean ratio of prediction to test using equation (2) was 1.00 with a standard deviation of 0.16.

REFERENCES:

- Alam, S., Khuntia, S., and Patra, C., 2014, *Prediction of compression index of clay using artificial neural network*, International Conference on Industrial Engineering Science and Applications- NIT, Durgapur.

- Al-Busoda, B. S., and Al-Taie, A. J., 2010 A, *An Attempt to Relate Consolidation Properties of Baghdad Soil to other Soil Properties*, The Iraqi Journal for Mechanical and Material Engineering, Babylon University, Special Issue.

- Al-Busoda, B. S., and Al-Taie, A. J., 2010 B, *Statistical Estimation of the Compressibility of Baghdad Cohesive Soil*, Journal of Engineering, University of Baghdad, Vol. 16, No.4, PP. 5863-5876.

- Al-Taie, A. J., and Al-Busoda, B. S., 2013, *An Attempt to Relate Consolidation Properties: A Case Study in Baghdad Cohesive Soil*, International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS), Institute of Advanced Engineering and Science (IAES), Vol. 2, No 2, PP. 77-84.

- Basheer, I. A., Reddi, L. N., and Najjar, Y. M., 1996, *Site characterization by neuronets: An application to the landfill sitting problem*, Ground Water, vol. 34, pp.610-617.

- Cal, Y., 1995, *Soil classification by neural-network*, Advances in Engineering Software, vol. 22, No.2, PP.95-97.

- Ceryan, N., Okkan, U. and Kesimal, A., 2013, *Prediction of unconfined compressive strength of carbonate rocks using artificial neural networks*, Environ Earth Sci, vol. 68, 807.

- Demuth H., and Beal M. 2002, *Neural Network Toolbox for use with MATLAB*. The MathWorks, Inc., USA.

- Ellis, G. W., Yao, C., Zhao, R., and Penumadu, D., 1995, *Stress-Strain Modeling of Sands Using Artificial Neural Networks*, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 121, Issue 5.

- Farrokhzad, F., A.J. Choobbasti, and A. Barari, 2012, *Liquefaction microzonation of Babol city using artificial neural network*, Journal of King Saud University – Science, vol. 24, PP, 89–100.

- Garson, G.D., 1991, *Interpreting neural network connection weights*. Artificial Intelligence Expert, vol. 6, PP. 47 -51.

- Goh, A. T. C., Wong, K. S., and Broms, B. B., 1995, *Estimation of lateral wall movements in braced excavation using neural networks*, Canadian Geotechnical Journal, vol. 32, pp. 1059-1064.

- Gordan, B., Jahed Armaghani, D., Hajihassani, M. Monjezi, 2016, *Prediction of seismic slope stability through combination of particle swarm optimization and neural network*, Engineering with Computers, Vol. 32: PP. 85.

- Kalantary, F., and Kordnaeij, A., 2012, *Prediction of Compression Index Using Artificial Neural Network*, Scientific Research and Essays, Vol. 7, No.31, PP. 2835-2848.

- Kalinli, A., Acar, M. C., and Gündüz, Z., 2011, *New approaches to determine the ultimate bearing capacity of shallow foundations based on artificial neural networks and ant colony optimization*, Engineering Geology, Vol. 117, Issues 1–2, PP.29–38.

- Kashefipour, S., M., and Daryaee, M., 2014, *Modeling the compression index for fine soils using an intelligent method*, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES), Vol. 5, No. 5, PP. 197-204.

- Kim, Y., and Kim, B., 2008, *Prediction of relative crest settlement of concrete-faced rockfill dams analyzed using an artificial neural network model*, Computers and Geotechnics, vol. 35, No. 3, PP. 313-322.

- Kumar, V. P., and Rani, C. S., 2011, *Prediction of Compression Index of Soils Using Artificial Neural Networks (ANNs)*, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Vol. 1, Issue 4, pp. 1554-1558.

- Kurnaz, T. F., Dagdeviren, U., Yildiz, M. and Ozkan, O. 2016, *Prediction of Compressibility Parameters of the Soils Using Artificial Neural Network*, SpringerPlus, Vol. 5, No. 1.

- Lee, I. M., and Lee, J. H., 1996, *Prediction of pile bearing capacity using artificial neural networks*, Computers and Geotechnics. Vol. 18, No. 3, PP. 189-200.

- Momeni, E., Nazir, R., Armaghani, D., and Maizir, H., 2015, *Application of Artificial Neural Network for Predicting Shaft and Tip Resistances of Concrete Piles*, Earth Sci. Res. J., vol. 19, No. 1, PP.85 – 93.

- Ozer M, Isik N. S, and Orhan M., 2008, *Statistical and neural network assessment of the compression index of clay-bearing soils*, Bull. Eng. Geol. Environ., vol. 67, Pp. 537-545.

- Park, H. I., and Cho, C. H., 2010. *Neural Network Model for Predicting the Resistance of Driven Piles*, Marine Geosources and Geotechnol, vol. 28, No. 4, PP.324-344.

- Park H. I, and Lee, S. R., 2011, *Evaluation of the compression index of soils using an artificial neural network*, Comput. Geotech., vol. 38, No. 4, PP.472-481.

- Rezania, M., and Javadi, A., 2007, *A new genetic programming model for predicting settlement of shallow foundations*, Canadian Geotechnical Journal, vol. 44, No. 12, PP. 1462-1472.

- Shahin, M. A., Jaksa, M. B., and Maier, H. R. 2001, *Artificial Neural Network Applications In Geotechnical Engineering*, Australian Geomechanics, vol. 36, No. 1, PP.49-62.
- Sinha, S. K., and Wang, M. C., 2008, *Artificial neural network prediction models for soil compaction and permeability*, Geotechnical Engineering Journal, vol. 26, No. 1, Pp. 47-64.

- Yilmaz, I., and Kaynar, O., 2011, *Multiple regression, ANN (RBF, MLP) and ANFIS models for prediction of swell potential of clayey soils*, Expert Systems with Applications, Vol. 38, PP. 5958–5966.

- Yoo, C., and Kim, J. 2007, *Tunneling performance prediction using an integrated GIS and neural network*, Computers and Geotechnics, vol.34, No. 1, PP.19-30.

- Yusuf Erzin, Gumaste, S. D., Gupta, A. K., and Singhb, D. N. 2009, *Artificial neural network (ANN) models for determining hydraulic conductivity of compacted fine-grained soils*, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 46, No. 8, PP. 955-968.

NOMENCLATURE

e_o: initial void ratio

P_o : effective overburden pressure

R : Correlation Coefficient

W_n: natural moisture content

γ_d :dry unit weights

γ_t: total unit weight

Table 1. Database statistics descriptive**.**

Variables	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation
w_n (%)	14.0	38.0	25.3	4.1
e_o	0.411	1.120	0.709	0.109
γ_t, (kN/m^3)	17.00	21.30	19.48	0.80
γ_d, (kN/m^3)	12.68	17.90	15.57	0.99
P_o, (kPa)	14.0	384.0	115.6	83.2
Cc	0.11	0.48	0.23	0.07
CR	0.067	0.270	0.131	0.033

Table 2. A summary of research developed for application of ANN in predicting Cc**.**

Reference	Soil Data	Parameters
Ozer et al. (2008)	135 test data	-
Park and Lee (2011)	947 soil test data from Republic of Korea	wn, LL, PI, G_s, and soil types
Kumar and Rani (2011)	68 soil test data Compacted Soil	LL, PI, γ_{dmax}, , optimum moisture content (OMC) and fine fraction.
Kalantary and Kordnaeij (2012)	400 test data, North of Iran	-
Kashefipour and Daryaee (2014)	137 data sets south-west of Iran	e_o, w_n, LL, PI, and G_s
Alam et. al. (2014)	391 experimental results	e_o, w_n, LL, and PI.
Kurnaz et al. (2016)	test data, Turkey	e_o, w_n, LL, and PI.

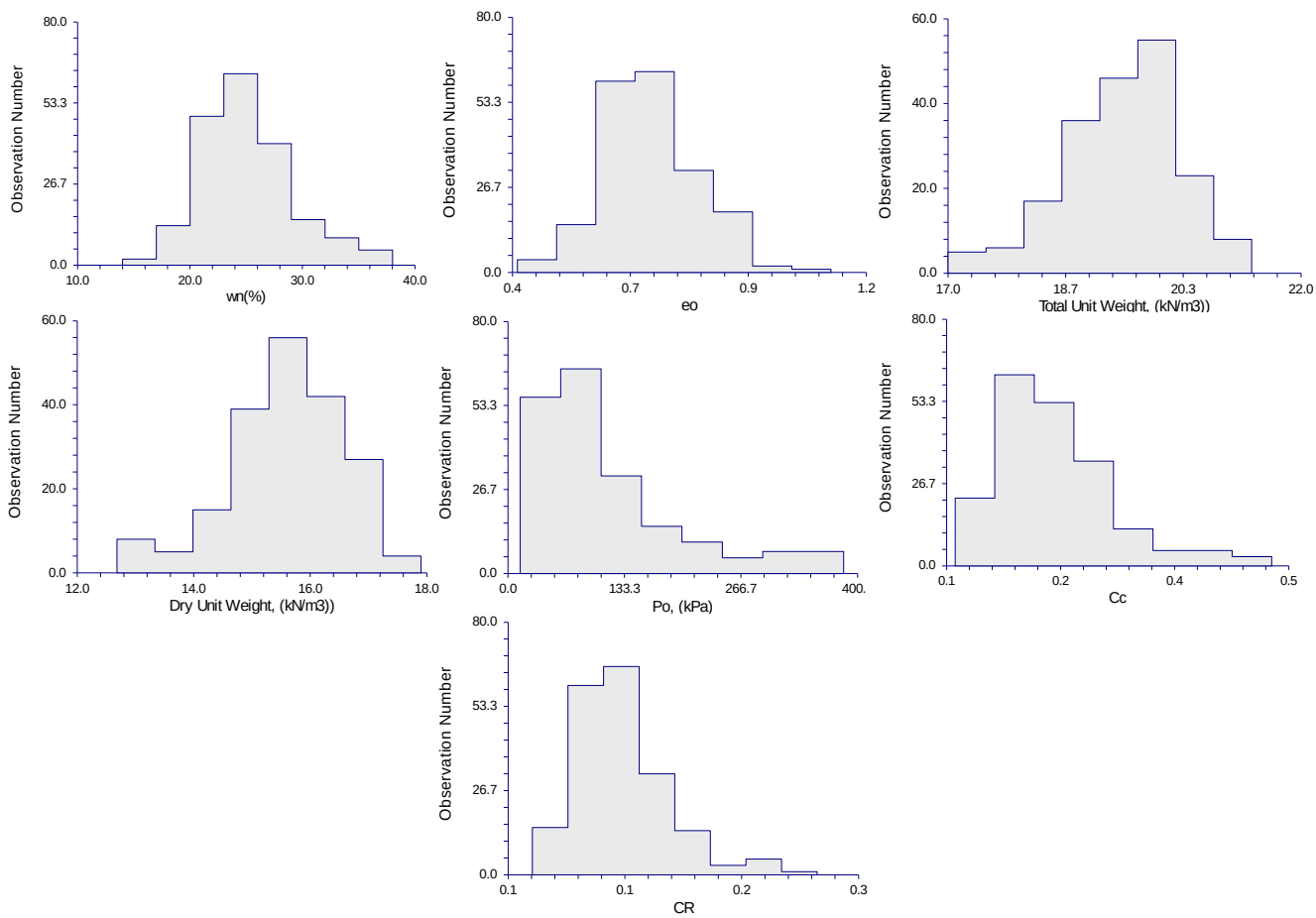


Figure 1. Histograms for soil properties**.**

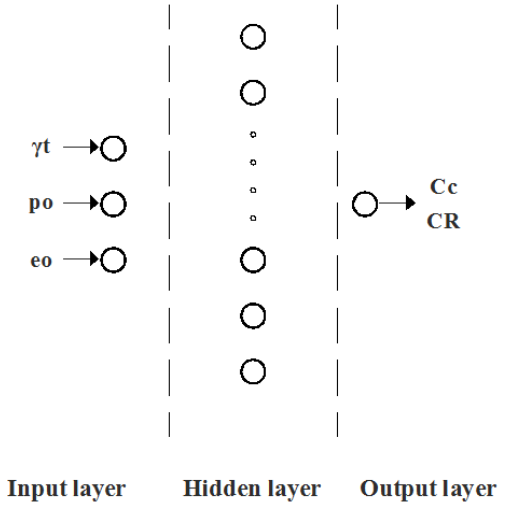


Figure 2. Architecture of Neural Network.

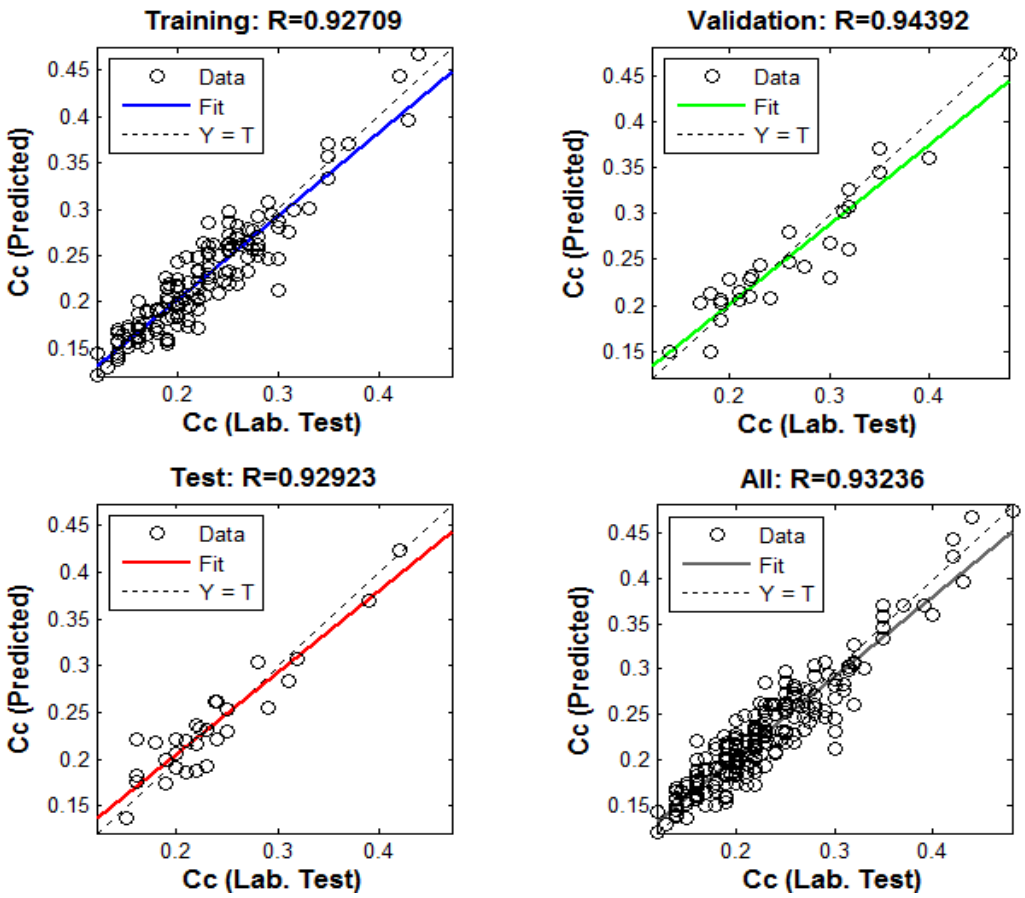


Figure 3. Regression during training process for Cc.

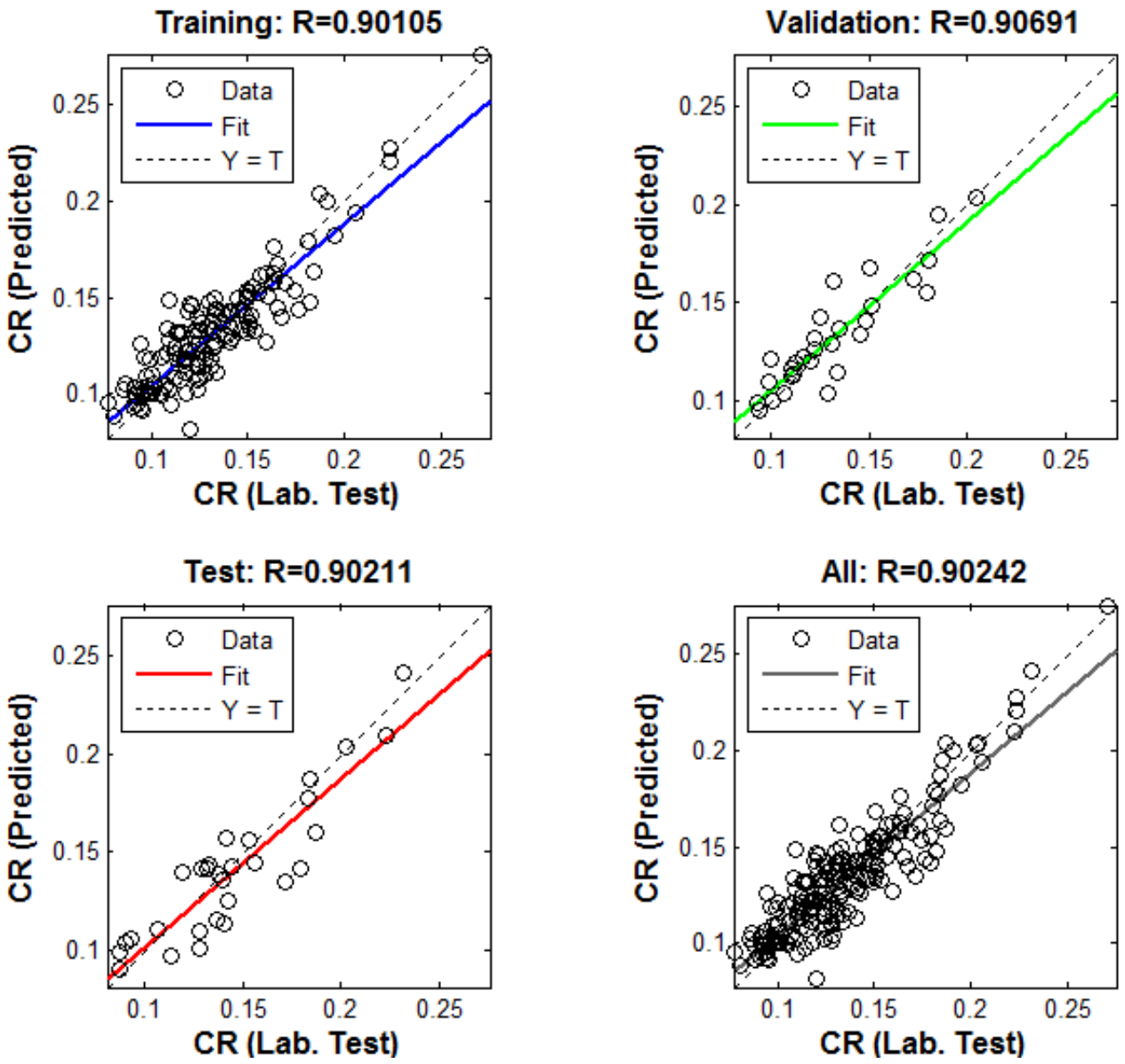


Figure 4. Regression during training process for CR.

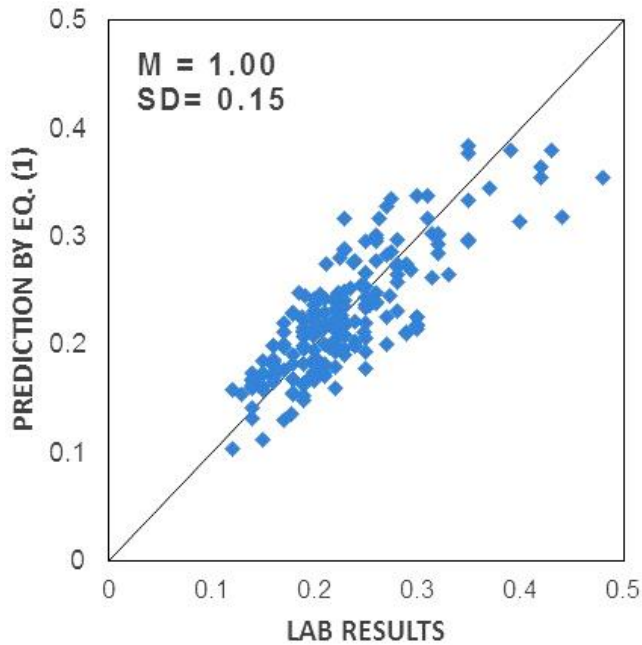


Figure 5. Lab and predicted Cc using Eq. (1).

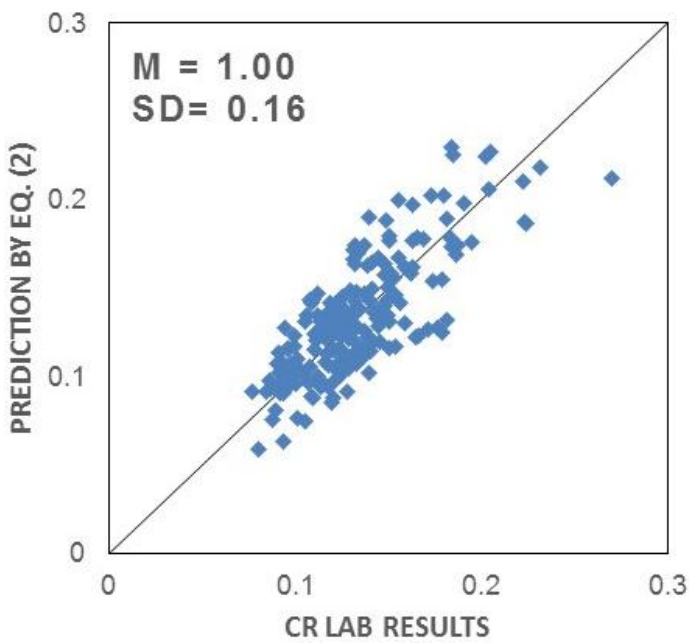


Figure 6. Lab and predicted CR using Eq. (2).

(أثر العلامات الإعــلانية في المشهد الحضري لمراكز المدن)

(الباب الشرقي – ساحة التحرير) حالة دراسية

المشرفة / أ.م. د. أنعام البزاز
جامعة بغداد – كلية الهندسة

الباحثة / حنان ضياء حسين
جامعة بغداد – كلية الهندسة

الخلاصة

يمثل البحث دراسة تطبيقية للمشهد الحضري لمركز مدينة بغداد ضمن منطقة (الباب الشرقي – ساحة التحرير) ، من خلال دراسة وتحديد مستويات العلاقة التبادلية لتأثير العلامات الإعلانية في المشهد الحضري ، واستخراج المؤشرات والقيم الممكنة التي جعلت منها ذا قيمة أيجابية من خلال تحقيق آليّـــات الجودة البصرية او ذا قيمة سلبية عبر تحقيق آليّـــات التَّلَوُّث البصري ، ومن ثم النظر في آليّـــة إصلاح الخلل الإدراكي البصري الناتج عنها والتعرف على عناصرها الأساسية المتمثلة بالقوانين والتشريعات المعروفة عالمياً .

اعتمد البحث في تقديمه للمشكلة البحثية الى: (عدم وجود تصور واضح حول التعريف بمفهوم العلامات الإعــلانية وأثر خصائصها التصميمية (الدلالية) في تحقيق علاقة إتصال إدراكية مع الفرد (المتلقّي) فضلاً عن مساهمتها في تحقيق الجودة البصرية والتقليل من ظاهرة التَّلَوُّث البصري في المشهد الحضري لمراكز المدن).

ولحل المشكلة البحثية تحدد هدف البحث كالآتي: (التوصُّل إلى بناء أنموذج نظري متكامل تتحدد من خلاله الأسس والآليّـات الرئيسة لفعل العلامات الإعلانية بوصفها فعل إتصال وإدراك بين الفرد (المتلقّي) والمشهد الحضري ، ودرجة تأثيرها في المشهد وفق مفهوم الجودة البصرية ومفهوم التَّلَوُّث البصري) .

وتم صياغة فرضية البحث كما يأتي: (يؤثِّر غياب التوافق في الخصائص التصميمية (الدلالية) للعلامات الإعلانية على كفاءة أدائها بوصفها فعل إتصال وإدراك، وعلى خفض الجودة البصرية وزيادة ظاهرة التَّلَوُّث البصري في المشهد الحضري لمراكز المدن).

أفرز البحث جملة من الاستنتاجات وأهمها: إن مركز مدينة بغداد (ممثلاً بمنطقة الدراسة) يعاني تلوثاً بصرياً ناتج عن سوء استخدام العلامات الإعلانية نتيجة عدم وجود توافق في الخصائص التصميمية (الدلالية) وآليّات تحدد طرق استخدامها بالشكل الذي يحافظ على القيمة الجمالية للمنطقة ، وخلصت الدراسة بعدة توصيات لاستخدامها بشكل فاعل بوصفها وسيلة للإتصال بالمتلقّي وفي الوقت ذاته الحفاظ على الجودة البصرية والتقليل من ظاهرة التَّلَوُّث البصري الناتجة عنها.

الكلمات الرئيسية: **الإعلان الحضري ، المشهد الحضري ، الجودة البصرية ، التلوث البصري**

The Effect of Advertising Signs on the Urban Scene of Cities Centers

(Al Bab Al Sharqi – Al Tahrir Square) Case Study

Supervisor :Dr .Inaam Albazzaz
University of Baghdad - College of Engineering
inaam.bazzaz@yahoo.com

Researcher :Hanan Dhiyaa Hussien
University of Baghdad - College of Engineering
hanandiaa2002@yahoo.com

ABSTRACT

The research represents an applied study to the urban scene of Baghdad city center within the area of (Al Bab Al Sharqi – Al Tahrir Square) through studying and identifying the levels of the reciprocal correlation of advertising signs impact on urban scene , then finding out the indicators and potential values which have made advertising signs as positive value by achieving the mechanisms of visual quality or a negative value by achieving mechanisms of visual pollution. And then examining the resulted visual perception defect reforming mechanism from it and identify the basic elements represented of the laws and legislation known worldwide.

When presenting the problem, The research depends on: (Lack of clear perception about the definition of advertising signs concept and their design characteristics (Semantic) impact on achieving the relationship of perceptual contact with the individual (recipient) in addition to its contribution in enhancing the visual quality and reducing the visual pollution situation on urban scene of the cities centers.

In order to solve the research problem, the objective outlined as follows:
(Reaching to building up an integrated theoretical model, by which the foundations and mechanisms of the main act of advertising signs are determined as communication and perception act between the individual (recipient) and urban scene , and their impact level on the scene in accordance with the concept of visual quality and visual pollution).
The research hypothesis is as follows: (Lack of harmony in the advertising signs' design characteristics (Semantic) affects the efficiency of their performance as a communicational and perceptual act, and on diminishing the visual quality and increasing the visual pollution situation in urban scene of cities centers).
The research reached to a number of conclusions, mainly: Baghdad city center (represented by study area) suffers visual pollution caused by misuse of advertising signs as a result of lack of harmony in the design characteristics (Semantic) and lack of mechanisms which identifies the methods of advertising signs usage in a manner that preserves the aesthetic value of the area. The study concludes several recommendations for the use of the advertising signs effectively as a means of communication with the recipient meanwhile to maintain the visual quality and to reduce the resulting visual pollution situation.

Key words: Advertising Signs, Urban Scene, Visual Quality, Visual Pollution

1-المقدمة

تمثِّل العلامات الإعلانية أحد عناصر الجذب البصري في المشهد الحضري ، تتم عن طريقها عملية انتقال الرسائل بين طرفيها المتمثلة بمصدر المعلومات (المرسل) ومصب المعلومات (المتلقي) المتمثل في المستلم النهائي للرسالة.
تكمن أهمية البحث في أنه يحاول الكشف عن أهمية العلامات الإعلانية وتأثيرها على المشهد الحضري كجانب مهم من جوانب التنظيم ووضوح الصورة البصرية بوصفها ميداناً للتفاعل والإتصال بين الإنسان والبيئة الحضرية، وتأتي ضرورة البحث بسبب التَّلَوُّث البصري الناتج عن سوء استعمالها بالشكل الذي يؤثِّر سلباً على نوع فضاء الشارع ومن ثم على المشهد الحضري كلاً .
لذا صنف البحث الى أربع محاور تناول المحور الاول التعريف بمفهوم الإعلان لغوياً وأصطلاحاً ومن ثم علاقته بمفهوم الإدراك البصري ،اما المحور الثاني تناول التعريف بتأثير العلامات الإعلانية على المشهد الحضري وفق آليّات مفهوم الجودة البصرية والتلوث البصري، وتناول المحور الثالث استخلاص مفردات الإطار النظري والتعريف بمنطقة الدراسة، اما المحور الرابع فقد تضمن المرحلة التحليلية للدراسة العملية وفق تحليل الباحثة وصولاً الى استنتاجات وتوصيات البحث.

1:1المحور الأول: التعريف بالمفهوم الأساس للبحث :

1-1-1 تعريف الإعلان لغوياً:

- **الإعلان في المعاجم العربية**: الإعلان مشتق من: أعلن، يعلن ومصدرها علانية وإعلان بمعنى الإظهار والإشهار والجهر بالشيء.(المورد،2003،ص100)
- **الإعلان في المعاجم الأجنبية (Advertising):** جاء الإعلان في المعاجم الأجنبية بعدة معاني وهي:
وفق قاموسCollins جاء بمعنى:
- Paid-For: هو وسيلة إتصال مدفوعة الثمن تستخدم لغرض الإعلام او الأقناع.
- Communication: هو وسيلة للإتصال بين المرسل والمتلقي.(Collins English Dictionary, 1979,P.5)
- وفق قاموس Webster جاء بمعنى:
- Intended : هو كل فعل او ممارسة لجذب الأنتباه على الأحداث، او الخدمات، او السلع...الخ.
- inform and persuade: فعل للإعلام والتبليغ والأقناع. (Webster,2003,P.100)

1-1-2 تعريف الإعلان اصطلاحاً:

هنالك فرقاً بين تعريف مصطلح الإعلان بشكل عام وتعريف الإعلان في البيئة الحضرية، نذكر بعضاً من هذه التعاريف وهي كما يأتي :

1- **الإعلان بشكل عام:**

- يعرفه Pandey :"هو وسيلة من وسائل الإتصال الجماهيري (Mass Communication) يهدف الى أيصال رسائل متعددة الى مجموعة من الناس في وقت واحد".(Pandey,2009,p.10)
- "هو بمثابة الإتصال بين المرسل (الباعث) والمستلم (الجمهور) عن طريق وسيلة بصرية تنتقل من خلالها الرسالة من طرف لآخر" [1].
- ومن وجهة نظر تسويقية: "هو نشاط يقدم رسائل مرئية ومسموعة لأفراد المجتمع، لأغرائه على شراء سلعه أو خدمه مقابل أجر مدفوع الثمن، ومن ثم فهو وسيلة إتصال غير شخصية مدفوعة الثمن، تتبعها منشآت الأعمال والمؤسسات التي تستهدف الربح، بقصد تقديم السلع والأفكار لمجموعة المستهلكين. (ابو طعيمة،2008، ص22)

2- الإعلان في البيئة الحضرية :

- هو كل مُنتَج بصري مضاف لحرم الطريق أو في مجاله العمراني أو البصري يحمل رسالة أو معلومة لمستعملي الطريق سواء للحركة الآليّة أم لحركة المشاة ، سواء كان الهدف من تلك الرسالة تجارياً أم إرشادياً، أم رسالة توجيهية أم إعلامية....الخ. (دليل أسس ومعايير التنسيق الحضاري للإعلانات واللافتات في مصر،2008 ، ص9)
- "هو شكل من أشكال الإتصال البيئي مع الجمهور لنقل الحقائق والمعلومات عن البيئة الحضرية دون غموض والتباس". (Better streets plan,2011, p.12)

تتفق التعريفات في اللغة والأصطلاح على أن الإعلان هو وسيلة للجذب والإتصال يتم عن طريقه انتقال الرسائل والمعلومات عن طريق وسيلة بصرية تنتقل من خلالها الرسالة من طرف لآخر لتحقيق عدّة أهداف وهي: ارشادية، وتجارية، وإعلامية...الخ. وسوف يستعرض الفصل أبرز المفاهيم النظرية المرتبطة به للتوصل إلى التعريف الإجرائي لمفهوم الإعلان الحضري وبما يلائم المسار المعرفي للبحث.

3-1-1 الإعلان الحضري:

هو أي وسيلة بصرية سواء كانت مرسومة، أو مكتوبة، أو مطبوعة، أو منحوتة، أو منقوشة والمثبتة على واجهات المباني او على الأعمدة والهياكل أو أن تكون قائمة بذاتها تعمل على إيصال رسائل لكثير من الناس في وقت واحد قد تكون لأغراض التوجيه (تحديد الأتجاه)، نقل معلومات أو تفسيرات، التحذير (السلامة). (Jiuan,1984,p.3)

يصنف الإعلان الحضري الى مايأتي: (Better streets plan,2011,p.12)

اولاً: العلامات الاتجاهية (Directional Signs):

أ- العلامات الاتجاهية للمركبات (Directional Vehicular Signs): وتعتمد على أستعمال علامات الإرشاد (الأسهم) لتوجيه مستعملي الطريق الى مواقع الفعاليات والخدمات كعلامات المرور.

ب- العلامات الاتجاهية للمشاة (Directional Pedestrian Signs): وهي علامات دالة للتوجيه والإستدلال على الأماكن المراد الوصول اليها، تقع على طول مواقع الحركة الرئيسة (المسارات والعقد).

ثانياً:العلامات التعريفية (Identification Signs):(Draft Sydney Development ControlPlan,2012,p.2-3-16)

أ) علامات تعريف المباني (Building Identity Signs): وتشمل ما يأتي:

1-علامات التعريف بهوية المبنى: وتكون على شكل علامات قائمة بذاتها أو علامات تعلق على واجهات المباني والتي تحدد هوية المبنى سواء كانت مؤسسة حكومية أو ثقافية أو تعليمية أو صحية.

2- تعريف المداخل: يمكن أن تكون على شكل بوابات لتزويد الناس بالمعلومات الضرورية.

ب) علامات تعريف الشوارع(Streets Identity Signs)

تشمل هذه العلامات أثاث الشارع والعلامات التي تساعد على تحديد وتعريف هوية الشارع. وتتضمن ما يأتي:

1-علامات تعريف الشارع (Street Identity Signs):

هي العلامات التي تعرف شوارع المدينة وتنظم فعاليات وانشطة الشوارع (تجاري، صناعي، ثقافي، سياحي...الخ)

2-اثاث الشارع (Street Furniture): يشمل مجموعة من العناصر التي يمكن أن تدعم هوية الشارع بما في ذلك المقاعد، وأوعية القمامة، واعمدة الإنارة، والأكشاك التي تقدم معلومات عن أنشطة الشارع. (Jiuan,1984, p.12)

---

[1] http://mawdoo3.com

3-الفنون العامة (Public Arts) : يضيف الفن العام معالم حضرية Landmarks ضمن المدينة التي تعمل على تشكيل صورة ذهنية قوية للمتلقي تساعده على سهولة الحركة والوصول.

ج)علامات التعريف التجارية (Commercial Identity Signs): يمكن أن تأخذ العلامات التجارية اشكالاً عديدة ويمكن أن تصنف وفقاً الى: (Ibid, p.12)

1- نوع المعلومات المتداولة.
- علامات ليست في اتصال مع المبنى [لوحات اعلانية ضخمة].
- علامات في اتصال مع المبنى [علامات الاسم والعلامة التجارية]

2- مواقعها : والتي تشمل مايلي:
- الإعلانات القائمة بذاتها Free –Standing: تعّد من العلامات التجارية المستقلة ولا تعلق على اي مبنى.
- علامات على واجهات الأبنية: وتشمل العلامات تحت أو فوق المظلة ، والملصقة على واجهات الأبنية ،والعلامات على سطوح الأبنية، والعمودية (البارزة) من جدران الأبنية. (Draft Sydney Development Control Plan,2012, p.15)
- متنوعة/حافلات النقل، صناديق القمامة، علامات على أعمدة الأنارة.

4)العلامات المؤقته (Temporary Signs): وهي نوع من العلامات التي يتم عرضها لفترة محدودة من الزمن وتشمل: علامات الانتخابات والعلامات التي تنقل معلومات خاصة عن أحداث ومناسبات المجتمع.
(Better street plan,2011, p.226)

4-1-1 الإعلان الحضري ومفهوم الإدراك البصري"Visual perception":

يطلق عليه أحيانا (الاستيعاب البصري) وهو مصطلح يشير الى حصول الإنسان على المعلومات من بيئته المحيطة عبر آليّاتهِ الحسيه بقصد تفسير المثيرات الحسية (العلامات الإعلانية) اذ تبدأ عملية الشعور بتسجيل المثيرات البيئية وتفسيرها وصياغتها بشكل صور ومشاهد يمكن فهمها. فيما يعرفه لينج (Lynch) بأنه رد فعل ذهني تجاه الرسائل المستلمة من البيئة العمرانية عن طريق العين ويمثّل هيكلاً تصورياً في عقل المشاهد ويعتمد على المعرفة والتوقع والتجربة. (Lynch,1960, p.219)

فهو عملية تحسس (Sensation) تمثل بداية عمليات الإدراك (Perception) تعتمد على كيفية جمع المعلومات واستحصالها من البيئة المحيطة . ومن العوامل المؤثرة فيه :

اولاً- العوامل الإنسانية : هنالك العديد من العوامل التي تؤثر في عملية أستيعاب المعلومات البصرية من قبل المتلقي، وأن جزء من هذه العوامل تعد ثابته بسبب تشابه فيزيولوجية الأبصار عند الأنسان ويتغير الجزء الأخر بالاعتماد على الثقافة ونوع البيئة التي يعيش فيها الأنسان. وبشكل عام يمكن حصر العوامل الإنسانية المؤثرة في الإدراك البصري بما يأتي:

1- **حقل النظر الطبيعي:** يمثّل المدى الذي تستطيع العين البشرية رؤيته من نقطة معينة ويكون بزاوية حوالي (180^0) أفقياً و(150^0) عمودياً، فنرى أن الأنسان يرى بزاوية أفقية أكبر من الزاوية العمودية وهذا يؤثر على طبيعة استيعاب الخطوط الأفقية والعمودية ووضوح الرؤية المناسبة لأستيعاب المعلومات البصرية من البيئة المحيطة يمكن أن تكون بزاوية تقارب (60^0) أفقيا و(27^0) عموديا وأن المساحات الواقعة خارج هذا الحيز تعطي فرصة لاستلام معلومات بدرجة أقل، أن حيز النظر المذكور يمكن زيادته بدرجة كبيرة بدوران الرأس يمينا او يسارا أو رفعه الى الأعلى.(Ashihara,1981,p.42)

2- **الحركة:** أن الحركة عنصر مهم لإدراك المعلومات التي يتضمنها المشهد الحضري فالحركة تعمل على زيادة أبعاد المعلومات التي تمر عبر المتحسسات بمرور الزمن. وبهذا فان حركة المتلقي تضيف بعداً لزيادة كمية المعلومات المكتسبة من المشهد . وتتمثل حركة المتلقي بنوعين:

أ- **إدراك الفرد الراجل**: يمتلك السابلة إدراكاً أفضل من سائقي المركبات للمعلومات البصرية التي يتلقاها من المشهد الحضري، بسبب قلة سرعة حركتهم وقلة تقيدها، فالسابلة يمكن أن يدركوا الاختلافات بصورة افضل. يطرح هذا ضرورة تصميم العلامات الإعلانية ومستويات مختلفة من المعلومات للسرع المختلفة. حيث بالإمكان توفير ايقاعين مختلفين من المعلومات لكل من المركبات والسابلة. (Calori et al, 2015, p.207)

ب- **إدراك الفرد المتنقل بواسطة نقل**: تتطلب قيادة المتحرك بالسيارة ليست فقط السرعة ولكن تتطلب التركيز ايضاً لذا يجب أن يتم تصميم نظم العلامات والإشارات بناء على الأستيعاب السريع وبما تقتضيه سرعة السيارة في الشارع حيث

(يتناسب حيز النظر للسائق عكسيا مع السرعة)، لذا يجب أن تقتصر المعلومات على عدد قليل من الكلمات أو أسطر من النص لإيصال الرسالة وأن تكون ضمن زوايا النظر ضمن حدود الرؤيا الأفقية وهي (60^0). (Ibid,p.206)

يتضح مما سبق ضرورة تصميم العلامات الإعلانية بالأعتماد على قواعد الإدراك البصري فزوايا النظر وحركة المتلقي تعدّ من الجوانب الأساسية في إدراك كمية المعلومات التي يتلقاها المتلقي في المشهد الحضري.

ثانياً- الخصائص التصميمية (الدلالية): أنبثقت الخصائص التصميمية للعلامات الإعلانية من (نظرية الكشتالت) في الإدراك التي تركز على الفهم الكلي للمثيرات البيئية عند تفحصها وتحليلها والتي تؤثر على ماهيّة الإدراك وإمكانيه أستيعاب وقراءة المعلومات، لذا فأن عدم مراعاة هذه الخصائص قد يؤدي الى فشل الإعلان الحضري في أيصال رسالته الى مستخدمي الشارع بالشكل المطلوب والتي تتضمن مايلي:

1- **الحجم (Size):** يعدّ عامل الحجم من العوامل المهمة لأثارة انتباه المتلقي، فيوصف العنصر بشكل نسبي بضآلة حجمه أو ضخامته.

2- **حجم الحروف (Size of the Letters) :** لتوفير أمكانية القراءة الواضحة لمحتوى العلامات المخصصة لسائقي السيارات والمشاة ، يتوجب زيادة حجم الحروف بأزدياد سرعة السيارات في الشارع وعدد ممراته والجدول رقم (1) يوضح الحد الأدنى لأرتفاع الحروف. اما في الشوارع المخصصة لحركة المشاة فأن حروف الكتابة لا تتطلب الأرتفاعات الواردة في الجدول (1)، أذ أن أستعمال الحروف الكبيرة يؤثر على خصوصية المشاة ومدى شعورهم بالأستقرار البصري ، لذا يتوجب أن تكتب بحروف لاتزيد عن (20cm) حيث يوفر حجم هذه الحروف مدى واضح لقراءة المعلومات والرسائل من مسافة لاتزيد عن (120 m) وهي مسافة كافية لتعريف الفعاليات في شوارع المشاة . (Follis& Hammer,1979,p.22)

3- **الإضاءة (Lighting)**: تعدّ الإضاءة من الخصائص التصميمية الأساسية للإعلان الحضري حيث تعمل على جذب أنتباه المتلقي من خلال التباين والتناقض، وتحقيق البروز والهيمنة لعنصر معين وتوجيه بصر المتلقي نحوه. لذلك من الممكن أن يتم التحكم بالإضاءة من حيث تنظيمها وتوجيهها وموازنتها لأحداث التنظيم الجمالي المعبر الذي يحقق أعلى درجات الجذب والتأثير في المتلقي فضلا عن دورها في تحقيق الاحساس بالتجربة المكانية وعلى تعريف هوية الفضاء وعمقه الحسّي والمعنوي. (ندى عكرمه، 2001، ص9)

عدد الممرات	سرعة السيارة كم/ساعة	حجم الحروف(cm)	
		الرسالة الأساسية Main Message	الرسالة الثانوية Secondary Message
2	50	15	7.5
2	60	17,5	9
2	70	20	10
2	80	25	12,5
2	100	30	15
2	210	35	17.5

جدول(1) الحد الأدنى لأرتفاع الحروف بالأعتماد على سرعة السيارة وعدد ممرات الشارع

المصدر: (Follis& Hammer, 1979,p.22)

4- **التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة (Chromatic Contrast between letters and sign Background):**

اللون هو صفة الضوء المنعكس على سطح معين. وهو الصفة التي تعطي المعنى للضوء، ويعتمد أحدهما على الآخر، ويحدث إدراك اللون عند رؤية طول موجي معين من الضوء عن طريق العين وتوصيل الاحساس الى الدماغ عن طريق الخلايا المستلمة الحسية فيحدث إدراك اللون (ندى عكرمه، 2001، ص11). أن من أهم العوامل التي يحققها اللون في تشكيل الخصائص التصميمية للإعلان الحضري هي:

أ- **جذب الأنتباه:** هي من العوامل الأساسية التي يؤسس في ضوئها التناقض اللوني.

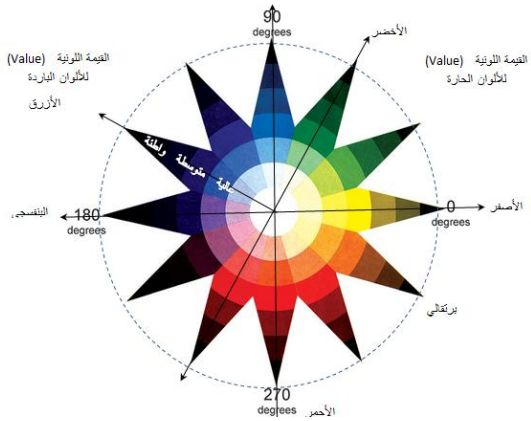
ب- **الأثر السايكولوجي:** هو العامل الإتصالي الذي يقوم على أساس فعالية الرموز، فلكل لون دلاله رمزية تعبر عن فكرة تؤثر في نفس المتلقي.

ج- الرسوخ والتذكر: أن للون قيمة تذكريه راسخة في ذهن المتلقي للتعرف والإستدلال.

د- المتعة الجمالية والبهجة: وذلك للطاقة التعبيرية والجمالية والدلالية التي يحملها اللون.

هـ- الأنسجام البصري البيئي: وهو عامل مهم في المشهد الحضري ينبغي اختياره لتحقيق الوضوح وتكاملية التصميم مع واجهات الأبنية. (Aydın et al,2008,p. 3275)

يعدّ التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة من أهم العوامل المساهمة في تحقيق وضوحية الرؤية وسهولة القراءة لمحتوى الإعلان الحضري. ولتحليل عملية التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة لابد من معرفة خصائص الالوان المحيطة بنا حيث هنالك ثلاث خواص تحدد نوعية الألوان وهي: القيمة اللونية (Value)، والدرجة اللونية (Hue)، والكثافة اللونية (شدة اللون) (Intensity). تشير قيمة اللون إلى إشراق أو عتمة اللون، اما الدرجة اللونية تعني الفرق مابين الصفرة والحمرة والزرقة وهي ترجع الى أختلاف الأطوال الموجية للألوان، الكثافة اللونية تعني درجة تركيز اللون (نقاوته) وتشير الى نقاوة الضوء الذي تعكسه المادة فعندما يكون اللون الأحمر هو أحمر تماما يكون بكثافة لونية تامة وعند احتواءه على نسبة من الأبيض أو الأسود تقل كثافته اللونية. (النعيمي، 2006، ص26)



شكل(1) دائرة الأصول اللونية

المصدر:(Portella,2014,p.166)

لاحظ بعض الباحثين وجود علاقة بين الألوان المشرقة والسرور، وبين التشبّع والسرور، وتشير معظم الدراسات الى ان الأشخاص يفضلون الألوان الناصعة عن الالوان القاتمة، والالوان الهادئة (الباردة) كالأخضر والأزرق عن الألوان المتوهجة (الحارة) كالبرتقالي والأحمر والاصفر، إذ تتأثر استجابتنا للألوان بالسياق الذي تظهر فيه هذه الألوان. يمثّل مقياس القيمة اللونية مركز دائرة الأصول اللونية شكل(1)، التي تتدرج من قيم الألوان المحايدة والتي تشمل التدرجات (القيمة الواطئة هي الأغمق) و(ذات القيمة العالية هي الافتح والتي تحوي على كمية كبيرة من اللون الأبيض) ويتدرج القياس من الأبيض الى الأسود. وبإضافة اللون الأبيض الى اللون العادي ترفع قيمة ذلك اللون وتصبح اكثر إشراقا وتنخفض بإضافة اللون الاسود يصبح اكثر عتمة وعليه ستكون القيم البصرية لقيمة الالوان هي قيمة (عالية – متوسطة – واطئة) . (المصدر السابق، ص 30)

تشير بورتيلا(Portella) أن لون خلفية العلامة تؤثر في أمكانية أدراك محتوى الإعلان الحضري، حيث أن الأشكال الغامقة على خلفية فاتحة تعطي نتائج أكثر وضوحاً من أستخدام الأشكال الفاتحة على خلفية بيضاء، لقد أجريت عدة دراسات لتحديد القيمة اللونية التي تزيد من وضوحية الرؤية، وقد وجد أن الوضوح يعتمد على التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة وان الحالات الأكثر وضوحاً هي :أسود على الأبيض، أحمر على الأبيض، الأخضر على الأبيض، أبيض على أحمر، أصفر على أسود، أبيض على الأزرق، أبيض على الأخضر، والأحمر على الأصفر ، والأزرق على خلفية بيضاء، أبيض على أسود، والأخضر على الأحمر. وحددت ثلاث مستويات للتناقض اللوني وهي : شكل(2) (Portella,2014,p.29)

المستوى الأول - تناقض عالي شدة اللون: ينتج من حروف بيضاء + خلفية غامقة اللون، حروف غامقة اللون+ خلفية متوسطة شدة اللون.

المستوى الثاني - تناقض متوسط شدة اللون: ينتج من خلفية غامقة اللون+ حروف متوسطة شدة اللون ، حروف متوسطة شدة اللون+ خلفية متوسطة شدة اللون.

المستوى الثالث- تناقض منخفض شدة اللون: حروف متوسطة شدة اللون + خلفية متوسطة شدة اللون، حروف غامقة اللون+ خلفية غامقة اللون.

واشارت أن العلاقات اللونية في المستوى الأول تجعل شكل العلامة أكثر وضوحا في الذهن، فيما يحقق المستوى الثاني مستوى اقل وضوحاً للقراءة ، بينما العلاقات اللونية في المستوى الثالث تسبب أضراباً بصرياً وأهتزازاً في الصورة (Visual Vibration) وتعّد غير كافية لوضوح القراءة بسبب تقارب قيمتها اللونية.

كما أشار ايدن (Aydın)(2008) أن العلامات المصممة تصميماً جيداً تقدم مساهمة أيجابية لمظهر المباني كما ويمكن أن تكون أحد المصادر لإضفاء الجمال للفضاءات الخارجية ، واشار الى أن أستخدام مجموعات لونية متعددة تسبب تشويش وأرباك المتلقي وبالتالي تؤدي الى ضعف تحقيق التواصل، ودعى الى ضرورة مراعاة التناسق اللوني بين العلامة وواجهات

المباني وتحقيق متطلبات الوضوح والتي تتطلب أعلى مستويات من التناقض اللوني واقل عدد من المجموعات اللونية . (Aydın et al,2008,p. 3276)

نستنتج من ذلك في كون الحروف الغامقة المستخدمة على خلفية متوسطة شدة اللون، والحروف متوسط شدة اللون المستخدمة على خلفية غامقة اللون تعطي أفضل النتائج في وضوح العلامة حيث يزداد الوضوح بزيادة التناقض .

شكل(أ) مستوى عالي شدة اللون :حروف متوسطة شدة اللون + خلفية غامقة اللون، حروف غامقة اللون+ خلفية متوسطة شدة اللون

شكل(ب) مستوى متوسط شدة اللون: خلفية داكنة اللون+ حروف متوسطة شدة اللون، حروف متوسطة شدة اللون+ خلفية متوسطة شدة اللون

شكل(ج) مستوى منخفض شدة اللون: حروف فاتحة اللون + خلفية فاتحة ،حروف غامقة اللون+ خلفية غامقة اللون

شكل(2) تحليل مستويات التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة.

المصدر:(Portella,2014,p.168)

5- الحدود الخارجية للعلامة: أذ أن الحدود الخارجية الواضحة والحادة الملامح تميز العنصر عن محيطه الخارجي ويصبح شكلاً بارزاً عن خلفيته السياقية.(العلوان،2001، ص78)

6-الموقع: ويقصد بها توقيع العنصر ضمن البيئة الحضرية بالشكل الذي يضمن وضوح رؤيتها كما يأتي: (المصدر السابق، ص 79)

- توقيع العنصر في نقاط مهمة كنقطة تقاطع أو انتظار. ويمثّل ذلك خاصية اهمية الرؤيا (View Signification) .
- توقيع العنصر عند نقاط استراتيجية بصرياً وفي نهاية محاور بصرية والذي يضمن امكانية الرؤيا من بعد والإتصال البصري المستمر مع العنصر.
- توقيع العنصر على الواجهة من خلال مراعاة زوايا النظر للإنسان والحفاظ على ابراز التفاصيل المعمارية وعدم إخفائها.

يستنتج البحث التعريف الإجرائي لمفهوم الإعلان الحضري: (الباحثة بالاعتماد على العرض النظري السابق)

(هو إشارات ورموز تمتلك شفرات معينة تُرسِل رسائل وإيعازات للمتلقّي قد تكون: تجارية ، توجيهية، ثقافية...الخ، وهو جزء من عملية تحقيق الهوية والذات فضلاً عن كونه أحد العناصر التي تعمل على جذب انتباه المتلقّي وتحقق نوعاً من الإتصال).

2:1المحور الثاني: آليّــات تأثير العلامات الإعلانية في المشهد الحضري لمراكز المدن:

التأثير Influence لغويّا هو إبْقاءُ الأثر Imprint في الشيء، فمثلا أَثَّرَ في الشيء ترك فيه أَثراً، وتأثر الشيء أي ظهر فيه الأثر والأثر بقية الشيء. (أبن منظور، 1981-م1-ج1/ص25). والتأثير بمعناه الفيزيائي يدل على الأثر العصبي والنفسي المباشر الذي يحدثه منبّه حسّي. وقد يقابله الأثر الذهني أو الأنطباع والصورة الذهنية. (أسعد رزوق، 1977، ص64). فالأثر هنا ينشأ عن تأثير المؤثّر، وبذلك يكون التأثير إما ماديّا، وإما نفسيّا. وهذا ما سيعتمد عليه البحث وفق المنظور السايكوفيزيائي، إذ يمكن بحث آليّـــات تأثير العلامات الإعلانية من خلال التأثير وفق مفهوم الجودة البصرية والتأثير وفق مفهوم التَّلَوُّث البصري بشقيه التأثير البصري الجمالي للمشهد، ومن ثم بحث في آليّة إصلاح الخلل الإدراكي البصري.

1-2-1 آليّــة التأثير وفق مفهوم الجودة البصرية:

يعدّ مفهوم الجودة البصرية (Visual Quality) موضوع لاغنى عنه عند مناقشة المشهد بوصفه كياناً جمالياً حيث تعرف على أنها "الكمال الجمالي للمشهد" او "الاتقان الجمالي للمشهد" التي تشكلت نتيجة عمليات الإدراك ويمكن قياسه من خلال الخبرة والأحكام الصادرة من قبل الناس.(Polat,2015,p .676)

يرتبط مفهوم الجودة البصرية للمشهد الحضري في مراكز المدن بعدّة مفردات رئيسة وهي كما يأتي:

1-1-2-1 الوضوحيّة والتصور[Legibility and Imageability]: يشير مصطلح الوضوحيّة وفقاً الى قاموس ارتليكس (Artlex)(http://www.artlex.com /) الى الطابع المميز الذي يصنع السهولة في الإدراك، ووفقاً الى قاموس ويبيستر (Webster) (http://www.merriam-webster.com/dictionary/Legibility) الى القدرة على الاكتشاف والفهم.

أما التصور(Imageable) فيشير لينج (Lynch) بأنها جودة العناصر المادية التي تعطي المتلقي صورة قوية وحية، وخلص ان الجودة تعتمد على (الشكل والترتيب والألوان) فالمدينة العالية التصور هي ذات **شكل جيد، مرتبه ، واضحة الملامح، ذات هوية قوية** يمكن التعرف عليها بسهولة من قبل السكان.(Lynch ,1960,p.9)

ترتبط دراسة الإعلان الحضري بأنظمة لينج (Lynch) للتصور(Imageable) والتي وضعها لتعريف الشكل الحضري والتي تجعل المستخدم أكثر أدراكاً وتصوراً لشكل المدينة وهي: المسارات ، العقد ، المعالم. وأكد على أن هذه العناصر ذات أهمية في تعزيز صورة المدينة وتعمل على أنشاء هوية مميزة. وأشار على أن العلامات الإعلانية تعمل كنقاط مرجعية في ثلاثة عناصر وهي:

اولاً: المسارات [Paths]: أشار لينج (Lynch) (1960) الى أنها قنوات للحركة والتنقل ترادف الأزقة والشوارع تمتلك عدة خصائص تعزز من أهميتها وهي: وضوح البدايات والنهايات لمسار الحركة، الاستمرارية البصرية والتسلسل (Sequences) والاتجاهية ، فيجب أن توضع العلامات الإعلانية على طول المسارات لتوصل الى المعنى المتسلسل وتحقيق صفة الاتجاهية. كما وأنها تعمل على زيادة الوضوحيّة والتصور عندما تقع في نقطة اتخاذ القرار أو في خط الرؤية على طول الممرات الرئيسة.(Morris,2001,p.44) ذلك فإن الوضوحيّة والتصور يمكن أن تحقق الشعور بالانتماء المكاني فعندما ينتمي الإنسان الى مكان معين فأنه يحقق وظيفتين نفسيتين مهمتين تعملان على تعريف الحدود الفضائية – الوجودية للإنسان وعلاقته بمحيطه البيئي من جهة وتحديد موقع الإنسان في البيئة المكانية الملموسة (وجوده المادي) بالإضافة الى موقعه في النسيج الأجتماعي النفسي (وجوده المعنوي) من جهة اخرى، وهاتان الوظيفتان هما التوجيه وايجاد الطريق (Orientation&Wayfinding) والهوية (Identification).(Schulz,1980,p.19-22) ويكون ذلك من خلال توفير علامات للتوجيه (Orientation) وأيجاد الطريق (Wayfinding) والتي تمكن المتلقي من توجيه نفسه وأيجاد الطريق ضمن البيئة الحضرية.

تتضمن المسارات عدة خصائص تصميمية للوصول الى هدف "المدينة الواضحة- المقروءة" ولتحقيق التوجيه وايجاد الطريق(Orientation & Wayfinding) وهي كما يأتي:

أ- أنساق أنظمة العلامات[Consistency]: يشمل التصميم المتناسق لأنظمة العلامات من خلال عناصر العلامة المألوفة (Sign Elements Familiarity) والتي يمكن تمييزها بسهولة من قبل شخصية وحدات النظام وأجزائه والتي تشمل : (اللون والحروف، والنسب، والرسومات). حيث يجب أن يشكل اللون جزءاً من لغة أثاث الشارع ويتبع منهج تباين الخلفية للرسومات أو الحروف. (Wayfinding Sydney Strategy Report,2012,p.37)

ب- سهولة الوصول [Accessibility]: ويتحقق من خلال عملية التنظيم لطرق عرض العلامات الإعلانية في علاقتها مع محاور حركة المشاة والسيارات ويتم ذلك من خلال مايأتي:(Kelly& Kelly,2003,p.20)

1- توفير نظام معلوماتي للتوجيه والحركة لتحسين الوضوحيّة وسهولة الوصول من خلال تصميم العلامات ومواقع العلامات.

1- من خلال أنشاء عناصر فنية مميزة والتي تساعد المتلقي على تشكل صورة ذهنية واضحة وقوية .

3- أن العديد من الطرق ليست مستمرة ، وضيقة في مناطق الإستعمال العالي وتفتقر في بعض الأحيان الى الأرصفة الجانبية ، ولتحسين المماشي في المنطقة يجب أن يكون الحد الأدنى لعرض الرصيف هو (2 م) في كلا الجانبين لتحقيق سهولة الوصول والحركة وكما يجب أن يصنف الى ثلاثة مستويات وهي: المستوى الأول والذي يدعى (Dead Space) وهو فضاء غير فعال للحركة تحصر فيه العلامات الإعلانية الخاصة بأصحاب المحال التجارية، اما المستوى الثاني هو الفضاء الفعال للحركة، أما العناصر التكميلية الأخرى للشارع من حيث الأشجار وحاويات القمامة تحصر ضمن مسار حافة الشارع.

4) تزويد الشارع الخاص بحركة السيارات بالإشارات الواضحة وبمسافات محسوبة وبكافة الأتجاهات. (الأعظمي، 2008، ص80)

ج- التكامل البصري[Visual Integration]: والذي يتحقق من خلال ما يلي:(1) تعزيز الطابع والهوية المكانية من خلال العناية بتصاميم العلامات الإعلانية والتي تنسجم مع الطابع البصري للمكان.(2) الاهتمام بأثاث الشارع وتصميم الفضاء العام.

(3) الحد من الفوضى البصرية لتعزيز صورة المشهد الحضري ووجهات نظر المشاهد من خلال أنشاء واجهات واضحة ومتناسقة مع أنظمة العلامات.(Kelly& Kelly,2003,p.22)

د-التعريف بالهوية[Identification]: العلامات أو الإشارات لها صفة وظيفية مهمة في تحفيز عملية الإتصال بين الفرد ومكونات البيئة أو بين الأفراد فيما بينهم، وتكتسب مقوماً خاصاً للتعبير عن هوية الفرد والجماعة (الحنكاوي ،1993، ص16). أن قدرة العلامات الإعلانية على تحقيق الهوية يكون من خلال وجود الأسماء والمعاني لتثبيت هوية الهيئة الفيزياوية، حيث تعمل على نقل وترجمة تفاعلات معينة من خلال نظام تعبيري من العلامات، وبالتالي تشكل عاملاً مهما في أستقطاب وجذب المتلقي لفعاليات وظيفية واجتماعية معينة.

ثانياً: المعالم [Landmarks]: فيما يتعلق بالمعالم، أشار لينج (Lynch) (1960) (الى أنها نقاط مرجعية داخل المدينة يمكن ان تدرك من خلال أشكالها الواضحة والمميزة والتي تعمل على تشكيل صورة ذهنية قوية وراسخة في الأذهان)، ويمكن أن يتحقق ذلك من خلال بعض العناصر الفنية التي تساعد على التوجيه وأيجاد الطريق والتي تستخدم للتأكيد على هوية الشارع كما تستخدم بعض الإعلانات لتحديد بعض الأماكن في المدينة. ويجب أن تتصف بما يأتي: (Lynch,1960 , p.45)

أ- وضوح الشكل العام . ب- التميّز بالأنفراد والوحدة . ج- سهولة إدراكها مهما أختلف المدى الزمني والمسافة والسرعة.

د- تكاملها مع مجموعة العلامات المميزة الأخرى.

ثالثاً: العقد [Nodes]: والتي تتميز بـــ : أ- وضوح نظام الحركة والتوجيه. ب- وجود العناصر التي تجذب الأنتباه.

بناءاً على ذلك فالوضوحيّة هي الدرجة التي يمكن لسكان بيئة معينة أن يتبادلوا الإتصال بدقة من خلال عناصرها المادية والرمزية، فالبيئة الحضرية هي وسط للإتصال بأستعراضها للرموز (الضمنية والصرحية على حد سواء) ويتم ذلك من خلال وجود أنظمة علامات أو إشارات بيئية معينة تُمثل وسطاً للحوار المكاني ولتعريف مستعملي المكان بالفعاليات والأحداث المختلفة ، ويمكن خلق هذه الأشكال بطرق مختلفة لتطوير اللغة وبالتالي زيادة تحسين قدراتنا على الإتصال المكاني.

(العلوان،2001 ،ص10) فمستخدمي المكان سواء كانوا مشاة أو سائقي سيارات يجب أن يوجهوا أنفسهم داخل المدينة وايجاد طريقهم من دون الكثرة العددية للعلامات، لذا فالمدينة الواضحة (المقروءة) القابلة للتصور يمكن أن توجه مستخدميها مع مسارات مستمرة وعقد معرفة وواضحة ، وبأختصار:(Kelly & Kelly ,2003,p.17)

"The More Legible Urban Form the Less Signs are Needed"

1-2-1-2 النظام [Order]:

التعريف اللغوي للنظام يعني الاتساق في نسق موحد أو نظم الأجزاء على وتيرة مترابطة، فالنظام (Order) كلمة تدل على الشيء العام، وهي تتكون من عدة منظومات (Systems). يعدّ النظام (Order) الحالة الصحيحة الجيدة والمستقرة التي يجب أن تكون عليها الأشياء المادية والمعنوية، فهو يمثّل حالة إنتقال من الفوضى الى الاستقرار. (الجبوري،2000،ص 11)

يرتبط مفهوم النظام لتحقيق الجودة البصرية في المشهد الحضري بمستويين هما مايأتي:

أولاً: تنظيم العلامات الإعلانية على واجهات الأبنية: يرتبط مفهوم النظام بمستوى التنظيم بين العناصر الفيزياوية للمشهد الحضري التي تتضمن تفاصيل الابنية والعلامات الإعلانية. ويمكن أن يتحقق من خلال:

أ- **تأكيد عامل الاستمرارية البصرية** : تعتمد الاستمرارية على التقارب في الخصائص التصميمية للعناصر وهذا التقارب يشمل جميع مايأتي: اللون، الهيئة، الحجم... الخ. ان الاستمرارية في الخصائص التصميمية للعناصر قد تتغلب على التناقض غير المرغوب في البيئة وتعزز النظام طالما توفر للعين اشارة على الربط بين اجزاء البيئة. توفر الاستمرارية الربط (Linkage) الذي يشير الى التوافق التصميمي بين البناية والعلامات الإعلانية وأن هذا التوافق يتم من خلال الأنسجام في تصميم العلامات مع تقسيمات ونسب والوان وأشكال واجهات الأبنية. (ضياء علي،2012، ص71)

ب- **تأكيد عامل الوضوح:** تعمل العلامات الإعلانية على إضافة الوضوح الى واجهات الأبنية ، وينعكس هذا من خلال الاستخدام السليم للألوان والأشكال والمواد والنسب والموقع. وأن لا تخفي تفاصيل المبنى من حيث: نوافذ وزخارف الواجهة والتقسيمات بل يساهم في إغنائها ووضوحها. (المصدر السابق)

ثانياً: تنظيم العلامات الإعلانية لارتفاعات الأبنية وخط السماء : تتحقق الجودة البصرية من خلال أستمرارية خط السماء وعدم انقطاعه ، وقد يشكل خط السماء سمة أيجابية أو سلبية تعمل على أستمرارية المشهد الحضري أو قطع استمراريته كما هو الحال بالنسبة لعدد من الإعلانات التي يمكن أن تقطع وتشوه خط السماء فوق صف من الأبنية. (محسن جبار،2007،ص29)

1-2-1-3 أستمرارية النباتات [Continuity of Plants]**:** تتحقق الجودة البصرية من خلال أستمرارية وتنظيم الأشجار والنباتات وأن لاتشكل عائقاً لمجال الرؤية البصرية للمعلومات التي تنقلها العلامات الإعلانية .

1-2-1-4 التعقيد [Complexity]**:** يشير التعقيد الى الثراء البصري والتباين في الخصائص الفيزياوية لعناصر البيئة الحضرية. وضح رابوبورت (Rapoport) موضوع التعقيد وعدّه حالة ما بين الحرمان والفقدان من جهة وبين المبالغة في تدفق المعلومات من البيئة الفيزياوية والاجتماعية من جهة أخرى ، وبين أن التعقيد يشير الى التنوع (Variety)، حيث ان النظام المعقد يستطيع ربط مدى واسع من العناصر المتنوعة في الشكل والاتجاه واللون والملمس ضمن هيكل واحد. (Rapoport, 1977, p.207).حيث هناك علاقة بين التعقيد وإدراك المستخدم الإعلان الحضري ويكون هذا من خلال التباين في الخصائص التصميمية، حيث يشير التعقيد الى التنوع من حيث (الحجم، والشكل، والنسب، والترتيب على الواجهة، ووجود الصور، وأسلوب كتابة، وحجم الحروف، والتناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة).(Nasar,1999,p.672)

1-2-2آليّة التأثير وفق مفهوم التلوث البصري(أختفاء القيم الجمالية التي يمكن ملاحظتها ضمن المشهد الحضري):

1-2-2-1تعريف التلوث البصري وأسباب حدوثه:

يعّرف التلوث في صورته العامة بأنه: "تغير غير مرغوب فيه في أحد العناصر البيئية، يؤدي الى الإخلال بتوازنها" ولما كان التلوث البصري هو أحد أوجه التلوث ، وهو تغير غير مرغوب فيه يصف تشويه البيئة الحضرية وما تتعرض لها من تدهور، فهو تشويه لأي منظر تقع عليه عين الإنسان، يحس عند النظر إليه بعدم الارتياح نفسياً، ويمكننا وصفه أيضاً بأنه نوع من أنواع انعدام الذوق الفني، أو أختفاء القيم الجمالية لكل شيء يحيط بنا. (نغم زيد،2008،ص99) وهو اختلال في المظاهر الجمالية ينتج عن اختلال العلاقات التناسبية بين أشكال وأحجام المباني والفراغات المحيطة بها والشوارع المطلة عليها، وينتج أيضاً عن الخلل في تنظيم واختيار وانسجام الالوان والأحجام والنسب للعلامات الإعلانية.(الجميلي،2015،ص154)

أشارت بورتيلا(Portella) يرجع التلوث البصري الناتج من العلامات الإعلانية الى عدة عوامل ومسببات وهي :

- عدم وجود مبادئ توجيهية (دليل مرشد) مصممة من قبل الجهات المختصة لتنظيم العلامات الإعلانية.
- وجود تراخي في تطبيق القوانين والتشريعات ما يسمح بالمخالفات أو بتسويتها مقابل دفع غرامة مالية.
- عدم الأنتباه للتشوهات الجمالية (الناتجة من عدم أزالة العلامات الإعلانية غير النظامية) لضعف الرقابة.
- عدم وجود أهتمام من أصحاب المحلات التجارية حول الأثار السلبية الناتجة من سوء التنظيم. (Portella,2007,p.299)

من هذا المُنْطَلَق فإن البحث سيشرع بدراسة آليّـــات تأثير العلامات الإعلانية وفق مفهوم التَّلَوُّث البصري في المشهد الحضري، إذ سيتم في الاول بحث في (آليّة تأثيراتها السلبية على الجانب البصري الجمالي للمشهد)، أما في الثاني سيتم بحث في (أليّة إصلاح الخلل الإدراكي البصري) الممكنة، وكما يأتي:

1-2-2-2آليّــة التأثير البصري الجمالي:

أ) تقليل الاستمتاع بالمتتابعات البصرية .

ب) تضرر المناظر ذات القيمة وخلق مناظر غير مرغوب بها.

ج) تضرر المفهوم الفراغي وخاصة للميادين والفضاءات المفتوحة. (مهدي ياسين،2013، ص34)

د) تضرر المباني المجاورة وخاصة التاريخية والدينية: عندما تؤخذ الخصائص التصميمية للعلامات الإعلانية بعين الاعتبار، يمكن رؤية قضيتين رئيستين لأثارة التلوث البصري:(Portella، 2007، p.22)

- الصراع الجمالي بين العلامات الإعلانية والخصائص الشكلية لواجهات الأبنية [خطوط (افقية ، عمودية) – شبابيك- الوان- ابواب)، يحدث الصراع عندما تشكل العلامات الإعلانية صورة ظليه لواجهات الأبنية وتغطي أغلب تفاصيل الواجهة وتعمل على كسر خط أفق الابنية.
- الفوضى الناتجة عن الأعداد الكبيرة للعلامات الإعلانية والتباين الكبير في الخصائص التصميمية من حيث الحجم واللون والنسب والمادة والموقع. حيث ان التباين الكبير في الخصائص التصميمية يمكن أن يؤثر على الجودة البصرية للمشهد الحضري يتمثل من حيث التباين في: النسب والموقع (قائمة بذاتها- على واجهات الأبنية) والاتجاه (عمودي – افقي) وحجم الحروف وأسلوب الكتابة واللون والتناقض اللوني بين الحروف والخلفية نمط الأضاءة، التباين الكبير في هذه الخصائص ممكن أن ينشأ فوضى بصرية وبالتالي يكون المشهد الحضري مشهداً غير نظامياً. (Ibid,p.30)

هـ) التأثير السلبي على المظهر العام للشارع من خلال عشوائية تنسيقها وانتشارها بهياكلها الإنشائية بارتفاعات مختلفة ومقياس لا يتناسب مع مقياس الشارع .(سوسن صبيح، 1999، ص87)

1-2-3 آليّة اصلاح الخلل الإدراكي البصري:

وهي عملية فيزيائية أفترضها البحث لمعالجة ظاهرة التَّلَوُّث البصري في المشهد الحضري الناتجه من العلامات الإعلانية. سيتم من خلال هذا القسم طرح الآليّة المناسبة للإصلاح وفق مفهوم الإعلان، الذي على أساسه يمكن رفع المستوى البصري الجمالي للمشهد والتقليل من تأثيراته السلبية على الحالة الإدراكية للأفراد المستخدمين لتلك البيئة. ولغرض تبيان هذه الآليّة فإن البحث سيقف أيضا عند بعض المفردات الأساسية المتعلقة بها، وكما يأتي:

1-2-3-1الجانب التشريعي

يتضمَّن الجانب التشريعي بصورة عامة مجموعة من الأنظمة والقوانين التي تعد أدوات للسيطرة على التخطيط الحضري والتطور العمراني وذلك لربط عمليات التطور بنظام واضح ومحدد حفاظاً لحقوق الأفراد والمجتمع ولتحقيق الرفاهية العامة. والعمل على إضفاء طابع الجمال والتناسق على البيئة العمرانية والتحكم في أنماط المنشآت المعمارية، من حيث ارتفاعات المباني وعلاقتها بالشوارع وانسجام الواجهات وطرق عرض العلامات الإعلانية وتوفير الميادين بعناصرها الرمزية الصرحية والجمالية والحدائق العامة. (نغم زيد،2008،ص105)

سعت الكثير من دول العالم للحد من التأثيرات السلبية للعلامات الإعلانية بمختلف اشكالها بسن القوانين والتشريعات، ومن القوانين التي انتخبها البحث والناجحة في تنظيم طرق عرض العلامات الإعلانية هي: (قانون للحد من الفوضى البصرية، قانون المدينة النظيفة، قانون المدينة المتناسقة) ، انتخبت تحت معيار أفضل القوانين التي أثبتت نجاحها وفاعليتها على الصعيد العالمي ، وعدَّت من أفضل التجارب الحضرية في [المعرض العالمي في شنغهاي لسنة - 2010][2] لتنظيم والحفاظ على جماليات المدينة وأنشاء مدن ملائمة للعيش. وهي كما يأتي:

أولاً:- قانون للحد من الفوضى البصرية (Visual chaos) في بريطانيا لسنة 1960: كانت بريطانيا من أوائل الدول المتقدمة التي سنت تشريعات لتنظيم الصورة البصرية للمشهد الحضري وأدرجت ضمنها قوانين السيطرة والتنظيم للعلامات

---

[2] **المعرض العالمي في شنغهاي لسنة (2010):** هو معرض دولي في مدينة شنغهاي الصينية ، تجتمع فيه أكثر من 190 دولة من دول العالم وما يفوق الـ 50 منظمة دولية، لتعرض كل دولة خبراتها العلمية والتكنولوجية والثقافية، لتبادل الأفكار والتشجيع على التعاون والإبداع، والتطلع لمستقبل أفضل، وكان المعرض تحت شعار "مدينة أفضل، حياة أفضل".
https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D9%83%D8%B3%D8%A8%D9%88_2010

الإعلانية لعام (1907) كونها أحد اهم العناصر البصرية المكونة لصورته البصرية، واعترافاً منها بالتأثيرات السلبية الناتجة من سوء التنظيم لهذه العناصر. ركز القانون البريطاني لسنة (1907) في بادئ الأمر على تأثيراتها على السلامة المرورية ومخاطر الطريق، وبعد ذلك أخذت النواحي الجمالية والتلوث البصري بعين الاعتبار وأصبح يعتّد به قانونياً نتيجة استياء غالبية السكان من انتشار هذه الوسائل بشكل عشوائي وكبير مما أدى إلى التأثير السلبي على الطابع البصري الجمالي للمشهد الحضري.(الحريقي،2003،ص4) فالإرشادات الموضحة في التشريع متعلقة بالخصائص التصميمية من حيث: الحجم، والموقع، والمادة، وحجم الكتابة، ومدة العرض، وعدد العلامات لكل متجر، والهيكل الإنشائي، ومحتوى الرسالة الإعلانية، والمسافة بين الجزء السفلي للعلامة وحافة الرصيف. (Portella,2014,p.92-93)

أشار قانون الفوضى البصرية الى عدة مبادرات من شأنها التقليل من ظاهرة التلوث البصري وهي : (Gecer،1999,p.68)

1) الدعم المالي لأصحاب المحلات التجارية بهدف دعم آليّات تصميم وتنظيم إعلاناتهم الخاصة.
2) تطبيق آليّات للسيطرة على العلامات الإعلانية والتي تأخذ طابع الشارع كلاً.
3) تحديد نسبة تغطية(الحجم) العلامات الإعلانية لواجهات الأبنية.
4) السيطرة على الخصائص التصميمية للعلامات الإعلانية من خلال: التحكم في كمية المعلومات المعروضة لتجنب العبء المعلوماتي على المتلقي - تحقيق التناسق والأنسجام بين العلامات الإعلانية والخصائص الشكلية لواجهات المباني من حيث اللون والنسب والحجم .

ثانياً:- قانون المدينة النظيفة – ساو باولو (Sao Paulo) البرازيلية لسنة 2007: قانون معمول به في مدينة ساو باولو البرازيلية (رابع أكبر مدينة في العالم من ناحية عدد السكان)، يهدف هذا القانون الى تحسين المشهد الحضري عن طريق الحد من التلوث البصري الناتج من العلامات الإعلانية على اختلاف أنواعها واشكالها للحصول على مدينة أكثر تنظيما وجمالاً. يتضمن هذا القانون ترتيب العناصر التي تشكل المشهد الحضري، بالإضافة الى ذلك فأنه يحظر جميع أنواع الإعلانات مع الإضاءة الداخلية (مصابيح داخلية)، وأيضا يعمل على تحديد المساحة الإجمالية لواجهات الإعلانات التجارية والألوان والمواقع والنسب المتوافقة مع واجهات المباني. (Ibid ,p. 95)

على الصعيد المحلي أثبت نجاح وفاعلية هذا القانون وفي استطلاع لأراء السكان لسنة (2007) حيث وافق أكثر من (70%) من سكان المدينة على ضرورة التنسيق بين العلامات الإعلانية والمشهد الحضري وإعطاء المدينة هوية واضحة ومقروءة. تضمن القانون اهم المبادئ التصميمية والتوجيهية الواجب أتباعها وهي كما يأتي: (Kassab،2011,p.3)

1) أنسجام العلامات الإعلانية مع السياق المحيط بحيث يكون وجودها ضمن البيئة الحضرية كوحده واحده متآلفة وذلك من خلال خصائصها التصميمية المتمثلة بـ :(الحجم، والمقياس، والشكل ، واللون، والمواد ، والملمس) والمنسجمة مع الخصائص الشكلية لواجهات الأبنية.
2) أنسجام العلامات الإعلانية من حيث المقياس والتوقيع مع مستوى نظر السابلة .
3) أنسجام العلامات الإعلانية مع العلامات المجاورة من حيث الحجم ، والشكل ، والحروف ، وتأكيد مبدأ الوحدة مع الأختلاف في ذلك
4) بساطة التعبير واستعمال الرموز بدل الحروف قدر الإمكان.
5) أعتماد أسلوب موحد جامع في توقيعها (عمودي- أفقي) .
6) أن تتناسب أبعاده مع وظيفته أو أهمية المعلومات فيها.
7) أن تكون مرئياً ليلاً ونهاراً.

ثالثاً:- قانون المدينة المتناسقة (City of Harmony) – بوروندرا (Boroondara) الأسترالية لسنة 2009: تعدّ مدينة بوروندرا مركزاً للأنشطة التجارية والشركات ورجال الإعمال، كما وتتميز بشوارعها المزدحمة وأمتلاكها طابعاً تراثياً مميزاً. استدعت هذه العوامل بمجموعها الى وضع عدّة أستراتيجيات للسيطرة على طرق عرض العلامات الإعلانية.

حيث قدمت بلدية مدينة بوروندرا معايير أدائية للمحال التجارية لتحديد نوع وعدد العلامات الإعلانية المسموح بها فوق مستوى الواجهة وتحت مستوى الواجهة وهي :(Boroondara Council City of Harmony Plan ,2009,p.1)

1) **تحديد نسبة التغطية (الحجم)** : العلامات تحت الشرفات أو المظلات يجب أن لا تزيد عن 20-15% من حجم واجهة المحل .

2) **الموقع** : تثبت بصورة أفقية أو عمودية على واجهة المبنى ، بينما العلامات فوق الشرفات أو المظلات غير مسموح بها وانما يثبت هيكل خاص لعرض الإعلانات وبصورة عمودية .

3) **عدد العلامات الإعلانية التجارية على المبنى**: أستخدام عدد محدود من العلامات لنقل المعلومات الاساسية وعادة ما يكون عددها أثنان (بارزة – أفقية) على واجهة المبنى فزيادة عددها يؤدي الى نتائج سلبية على الطابع العام للمبنى وفضاء الشارع.

4) **العلامات الإعلانية على الجدران الجانبية للأبنية** : يجب أن تكون محدودة ومتناسبة مع مساحة الجدران.

5) **الأضاءة** : يمكن أن تكون مضاءة أو غير مضاءة .

6) **العلامات الإعلانية التجارية الترويجية** : يسمح بها بحيث لا تتجاوز خط سقف المبنى وأن لايزيد ارتفاعها عن (2m) وأن ترتفع بمسافة (3.7 m) عن مستوى الرصيف.

ومن مجموع المبادئ التوجيهية السابقة يرى البحث ان مجموع المبادئ الآتية تصلح ان تكون أسس لتوجهات عامة أو (دليل مرشد) لكافة المعنيين بعملية تنظيم العلامات الإعلانية وهي: السيطرة على الخصائص التصميمية من خلال:

1) تحديد نسبة التغطية(الحجم). 2) تحديد الموقع. 3)تحديد حجم الحروف. 4) تحديد اللون.

5) التحكم في كمية المعلومات المعروضة لتجنب العبء المعلوماتي على المتلقي. 6) تحقيق التناسق والأنسجام بين العلامات الإعلانية والخصائص الشكلية لواجهات المباني من حيث اللون والنسب والحجم.

3:1المحور الثالث: أستخلاص مفردات الإطار النظري وتصميم البحث:

1-3-1 استخلاص مفردات الإطار النظري: تناول المحور الاول من البحث عرض تعريفات مختلفة لمفهوم الإعلان في اللغة والاصطلاح لغرض التوصل الى التعريف الإجرائي لمفهوم الإعلان الحضري وبما يخدم المسار المعرفي للبحث بينما تضمن المحور الثاني مؤشرات العلامات الإعلانية وتأثيرها في المشهد الحضري لمراكز المدن والتي تم استخلاصها وفق آليّات مفهوم الجودة البصرية والتلوث البصري. كما موضحة بالجدول (2)

جدول رقم (2) الإطار النظري المستخلص- الباحثة

المفردة الرئيسة	المؤشرات المستخلصة وقيمها الممكنة				
الإعـــلان الحضري	مؤشرات إدراكية	الخصائص التصميمية (الدلالية) للعلامات الإعلانية	الحجم	يميّز العنصر بشكل نسبي بضآلة حجمه أو ضخامته	
			حجم الحروف	أعتمادا على سرعة الحركة المسموح بها لحركة الفرد المتنقل بواسطة نقل	
				أعتمادا على المسافة المقطوعة من قبل الفرد الراجل	
			الإضاءة	تعريف هوية الفضاء والمكان وعمقه الحسي والمعنوي	
			التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة	من خلال أيجاد التوافق والأنسجام بين الالوان والتي تعطي وضوحية الرؤية	مستوى عالي شدة اللون
				ضعف في تحقيق عملية التوافق والأنسجام بين الالوان والتي تعطي التشويش في الرؤية	مستوى متوسط شدة اللون
					مستوى منخفض شدة اللون
			الحدود الخارجية للعلامة	تمييز الحافات الخارجية للشكل.	
			الموقع (وضوحيّة الرؤية)	توقيع العنصر في نقاط مهمة كنقطة تقاطع أو انتظار.	
				توقيع العنصر عند نقاط استراتيجية بصريا وفي نهاية محاور بصرية والذي يضمن امكانية الرؤيا من بعد والإتصال البصري المستمر مع العنصر.	
				توقيع العنصر على الواجهة من خلال مراعاة زوايا النظر للإنسان والحفاظ على ابراز التفاصيل المعمارية وعدم إخفائه.	
			أنساق أنظمة العلامات	يشمل التصميم المتناسق لأنظمة العلامات والتي يمكن تمييزها بسهولة من قبل شخصية وحدات النظام وأجزائه والتي تشمل : (اللون، والحروف، والنسب، والرسومات).	

آليّة التأثير وفق مفهوم الجودة البصرية	**الوضوحيّة والتصور:** تتحقق عندما تتصف عناصر هيكل المدينة بخصائص تصميمية محددة وهي:	1-المسارات: أ) مؤشر التوجيه وايجاد الطريق:	التكامل البصري	(1) تعزيز الطابع والهوية المكانية من خلال العناية بتصاميم العلامات الإعلانية والتي تنسجم مع الطابع البصري للمكان. (2) الاهتمام بأثاث الشارع وتصميم الفضاء العام. (3) الحد من الفوضى البصرية لتعزيز صورة المشهد الحضري ووجهات نظر المشاهد من خلال أنشاء واجهات واضحة ومتناسقة مع أنظمة العلامات.
			سهولة الوصول	من خلال وضوح البدايات والنهايات لمسارات الحركة.
				من خلال تأكيد خاصية التوجيه للمسار الحركي.
				من خلال أستمرارية المسار الحركي.
			الهوية	من خلال وجود إشارات أو علامات تعرف عناصر الهيئة الفيزياوية للمشهد وتمنح المشاهد الشعور بالأمن والأمان وتمنعه من الشعور بالضياع.
		2- المعالم		من خلال وضوح الشكل العام.
				من خلال التميّز بالأنفراد والوحدة.
				من خلال سهولة إدراكها مهما أختلف المدى الزمني والمسافة والسرعة.
		3- العقد		من خلال وضوح نظام الحركة والتوجيه.
				من خلال وجود العناصر التي تجذب الأنتباه.
	النظام	1- تنظيم العلامات الإعلانية على واجهات الأبنية:		- تأكيد عامل الاستمرارية البصرية: من خلال التوافق التصميمي بين البناية والعلامات الإعلانية و مراعاة الأنسجام في تصميم العلامات مع تقسيمات و نسب والوان وأشكال واجهات الأبنية - تأكيد عامل الوضوح: من خلال الاستخدام السليم للألوان والأشكال والمواد والنسب والموقع.
		2- تنظيم العلامات الإعلانية لارتفاعات الأبنية وخط السماء:		من خلال أستمرارية الإعلانات فوق سطوح الأبنية .
	استمرارية النباتات			تتحَقّق من خلال تنظيم الأشجار والنباتات وأن لا تشكّل عائقاً لمجال الرؤية البصرية للمعلومات التي تنقلها العلامات الإعلانية.
	التعقيد(التنوع والغنى في العناصر)			تحقيق النسب المحددة الأبعاد على واجهات الأبنية.
				تحقيق رسائل مباشرة وواضحة.
				تحقيق عدد محدود من الكلمات والرموز.
				تحقيق التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة.
آليّة التأثير وفق مفهوم التَّلَوُّث البصري	**التأثير البصري الجمالي**			أ) تقليل الاستمتاع بالمتتابعات البصرية . ب) تضرر المناظر ذات القيمة وخلق مناظر غير مرغوب بها. ج) تضرر المفهوم الفراغي وخاصة للميادين والفضاءات المفتوحة. د) تضرر المباني المجاورة وخاصة التاريخية والدينية من خلال: 1- الفوضى الناتجة عن الأعداد الكبيرة للعلامات الإعلانية والتباين الكبير في الخصائص التصميمية من حيث (الحجم، واللون، والنسب، والمادة، والموقع). 2- الصراع الجمالي بين العلامات الإعلانية والخصائص الشكلية لواجهات الأبنية [خطوط (افقية ، عمودية) – والشبابيك- والألوان- والابواب). هـ)التأثير السلبي على المظهر العام للشارع من خلال عشوائية تنسيقها وانتشارها بهياكلها الإنشائية بارتفاعات مختلفة ومقياس لا يتناسب مع مقياس الشارع.

1-3-2تعريف منطقة الدراسة ووصفها:

مركز مدينة بغداد- (الباب الشرقي – ساحة التحرير): تعّد إحدى أهم المراكز الرئيسة في مدينة بغداد والتي تقع في منطقة الباب الشرقي، يطل على الجانب الشرقي من الساحة نصب كبير عرف بـــ (نصب الحرية) والذي قام بنحته الفنان والنحات العراقي الراحل جواد سليم ، كما ويطل على جانبها الغربي جسر الجمهورية . يحاذي الساحة من جانبها الشرقي حديقة الأمة ويحاذيها من جانبها الشمالي شارع الجمهورية، وجانبها الجنوبي شارع السعدون. كما تحيط بها عدد من المباني الهامة والمميزة منها (مدرسة دجلة الابتدائية للبنات) التي تأسست سنة 1921 و(ثانوية العقيدة) وهي من المدارس القديمة في بغداد ، وبناية المطعم التركي سابقاً وبناية مرجان ومكتبة النهضة . [https://ar.wikipedia.org/wiki/(بغداد)-ساحة التحرير]

تتميز المنطقة بوجد الأبنية الرواقية، مكونة ممشىً معمداً بعرض حوالي (2,5m) وارتفاع (5m). ان هذه الأعمدة المدورة التي يبلغ معدل قطرها (45 Cm)، تعطي احساسا بالوحدة والاستمرارية للشارع وبالتالي تمثل خاصيه مميزة له. تتنوع ابنية

الشارع في العمر، والطراز، وعدد الطوابق، والاستعمال. كما وأن اغلب هذه الأبنية بحاجة الى عمليات الصيانة، وترميم الواجهات.

تناول البحث دراسة المشاهد الحضرية المحيطة بالمنطقة ، وتحديداً بداية الشارع المتصل بساحة التحرير وانتهاءاً بمدخل شارع الرشيد، وعدد من المشاهد الحضرية المحيطة الساحة.

1-3-3أسباب أختيار المنطقة:

- يمثِّل الباب الشرقي أحدى المناطق المهمة في مركز المدينة ، فهو قلبها النابض ، بسبب حيويته ودوره الأقتصادي والتجاري المهم في البلد من خلال وجود مدى واسع للتسوق في المنطقة لما يحويه من فعاليات تجارية [تجارة المفرد والجملة]، والألبسة والمواد الكهربائية وانواع اخرى ، يجعله مركزاً مهماً لتركز الفعاليات التجارية والأستثمارية.، والذي حدد في التصميم الأساس للمنطقة كوظيفة تجارية – أدارية ، وتتحدد المحاور الحركية الثلاثة ضمن هذه المنطقة ، والتي يحدها جسر الجمهورية وساحة التحرير من جهة ، وجسر السنك وساحة الخلاني من الجهة المقابلة .
- أهميتها التاريخية بالنسبة لمدينة بغداد.
- ملائمتها مع مشكلة البحث.
- تميزها بطابع حضري عمراني يحمل مجموعة من الصفات المتفردة.
- الحاجة لأحياء منطقة باب الشرقي (ساحة التحرير) وإضفاء سمة التنظيم لطرق عرض العلامات الإعلانية، لزيادة كفاءتها وجعلها مركزاً مبهجاً وكفوءاً يساعد على تنشيط الحركة التجارية والمرورية.
- ابراز الخصائص المعمارية والتراثية لمدينة بغداد من خلال المعالجة البصرية لطرق عرض العلامات الإعلانية وعلاقته مع الخصائص الشكلية لواجهات الأبنية.

4:1المحور الرابع: الاسلوب المعتمد على التحليل الوصفي للباحثة:

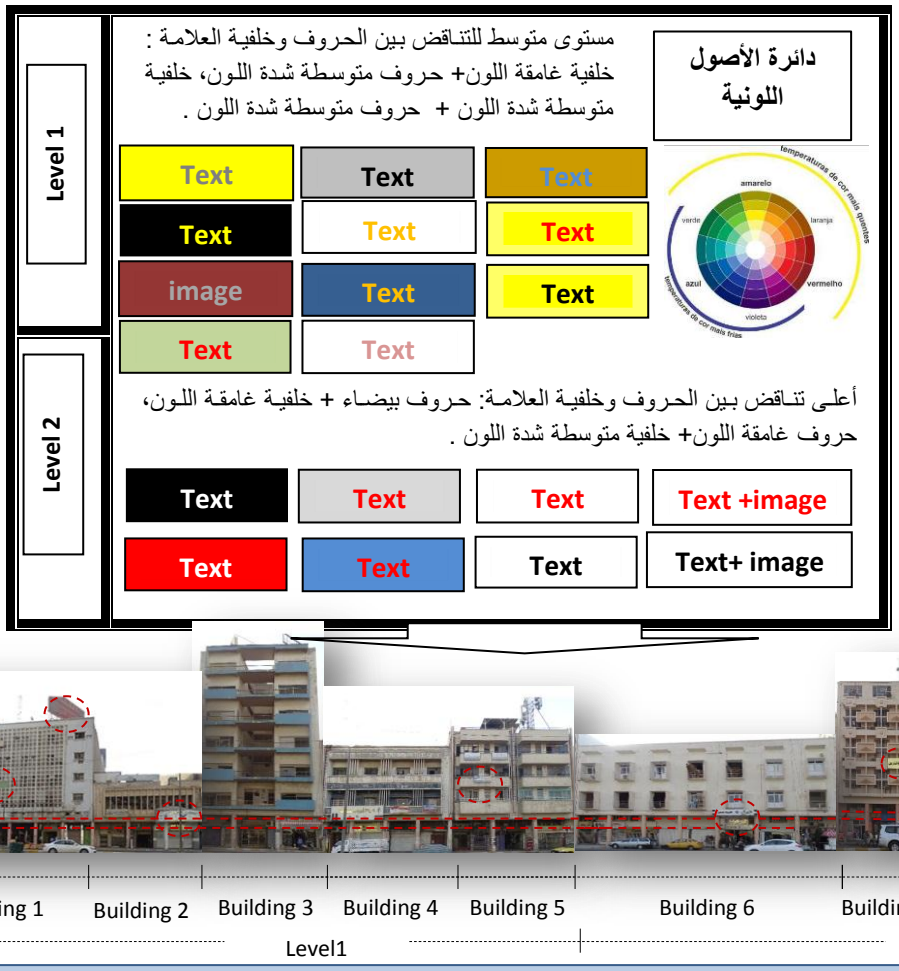
1-4-1تحليل الخصائص التصميمية (الدلالية) للعلامات الإعلانية:

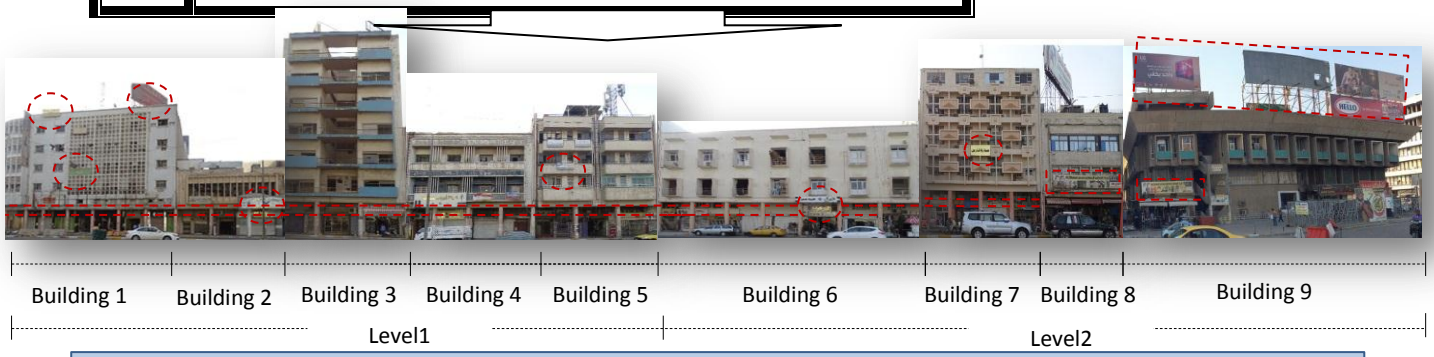
تدخل مجموعة الخصائص التصميمية ضمن إطار تصميم العلامات الإعلانية ، وتؤثر بشكل مباشر على تحقيق متطلبات وضوحية الرؤية ، وسرعة إدراكها من قبل الفرد الراجل والفرد المتنقل بواسطة نقل. يمكن إجمال هذه الخصائص كالآتي:

- **الحجم:** من خلال الملاحظات التي تم تسجيلها ميدانياً ، يظهر بوضوح وجود علاقة غير متكافئة في طرق عرض العلامات الإعلانية التجارية بحيث تؤدي الى هيمنة علامات بعض الفعاليات على الأخرى.
- **حجم الحروف:** ليس هنالك علاقة واضحة بين أرتفاع الحروف من جهة ونوع الشارع وسرعة المركبات فيه من جهة أخرى، حيث تفتقر بعض الفعاليات الى الكتابة بالحجم الكافي لتعريفها للفرد الراجل ، والفرد المتنقل بواسطة نقل في حين تستعمل فعاليات أخرى حروف كتابة أكبر من الحجم المطلوب للتعريف في فضاء الشارع مما يسبب عدم التكافؤ في الفرص وهيمنة بعض العلامات على العلامات المجاورة .
- **الإضاءة :** تفتقر منطقة الدراسة الى أبرز عناصر الجذب البصري للعلامات الإعلانية والمتمثلة بالإضاءة والتي تعمل على أعطاء الشعور بالحيوية والحركة داخل فضاء الشارع.
- **التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة:**
  - فيما يتعلق بالمجموعات اللونية فإن الغالبية العظمى من العلامات الإعلانية هي بألوان حمراء وصفراء ، حيث تستخدم الألوان الساخنة والمتوسطة الشدة لوناً لخلفية العلامة مما يؤثِّر بشكل سلبي على عملية الإدراك البصري للمتلقّي. شكل(3)
  - تستعمل بعض العلامات خلفية تحتوي على أنماط تشكيلية معينة بالشكل الذي يشوش اسم الفعالية ويقلِّل من متطلبات وضوحية الرؤية.
- **الحدود الخارجية للعلامة:** لا يوجد تمييز للحافات الخارجية.
- **الموقع:** تفتقر منطقة الدراسة الى أبسط العلاقات القياسية وهي تحديد مواقع منظمة للعلامات الإعلانية حيث تتسم طبيعة الإعلانات بعشوائية مواقعها وعدم توفر أُطر أو أنظمة خاصة للموقع (عمودي- أفقي) بالشكل الذي يتناسب مع الخصائص الشكلية لواجهات الأبنية وفضاء الشارع ، كما أن بعض أصحاب فعاليات الطابق الأرضي يستخدم علامة

ضمن رصيف المشاة بالشكل الذي يعيق من حركة المشاة ، مما يشير الى التباين في طرق عرض العلامات الإعلانية وبالشكل الذي يقلل من درجة التنظيم في فضاء الشارع .

يظهر مما سبق وجود مشاكل عدّة ترتبط بالخصائص التصميمية(الدلالية) للعلامات الإعلانية التي تؤثّر بشكل مباشر في تحقيق متطلبات وضوحيّة الرؤية لكل من الفرد الراجل ، والفرد المتنقل بواسطة نقل.





شكل(3) تحليل التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة المحددة على واجهات المباني المختارة. المصدر: (الباحثة)

2-4-1 تحليل آليّة التأثير وفق مفهوم الجودة البصرية : تم أختبار مؤشرات الجودة البصرية وفق تقييم الباحثة من خلال التقييم لصور واقع حال المنطقة المدرجة في الأشكال أدناه شكل (4) والموضّحة وفق مؤشر(● قوي- ○ متوسط -Ø ضعيف) في الجدول رقم (3) وكما يأتي:

1-2-4-1اختبار مؤشرات الوضوحيّة والتصور: أظهرت نتائج أختبار مؤشرات الوضوحيّة والتصور للقطات المنتخبة النتائج التالية : **1- المسارات:**

أ- مؤشر التوجيه وأيجاد الطريق:

- **(انساق أنظمة العلامات)** : عدم وجود تصاميم محددة وواضحة لأنظمة العلامات المخصصة لتوجيه حركة المشاة والمركبات والتي يمكن تمييزها من قبل شخصية وحدات النظام وأجزائه والتي تتضمن (اللون والنسب والرسومات). شكل[أ]

- **(التكامل البصري):** شكل[أ]
- ضعف الإعلانات التي تعزز الطابع والهوية المكانية والتي تعرف البنى الفيزياوية للمشهد الحضري.
- عدم وجود أهتمام واضح بأثاث الشارع وتصميم الفضاء العام.
- عدم وجود واجهات واضحة ومتسقة مع طرق عرض العلامات الإعلانية، حيث تتمثل بأنها واجهات تصل الى مستوى التلوث البصري.

- **(سهولة الوصول):**
- يتميَّز المسار الحركي بوضوح البدايات والنهايات
- لا يوجد نظام معلوماتي لتأكيد خاصية التوجيه للمسار الحركي .
- لا يوجد تنظيم مكاني لرصيف الشارع وبما يحقق سهولة الوصول لحركة المشاة. شكل [ب]
- يتزود الشارع الخاص بحركة السيارات بالإشارات وبمسافات محسوبة وبكافة الأتجاهات.

- **(التعريف بالهوية):**
- أفتقار منطقة الدراسة الى دلائل توضح التعريف بهوية المنطقة وهوية الشوارع المتصلة بها والمتمثلة بـ (شارع السعدون- والرشيد).

2- المعالم : شكل [ج]
- يتميز المعلم (نصب التحرير) بوضوح الشكل العام.
- لا يتميّز بالأنفراد والوحدة، لكثرة العناصر التي تجذب الانتباه.
- يسهل إدراكه مهما أختلف المدى الزمني والمسافة والسرعة.

3- التقاطعات:

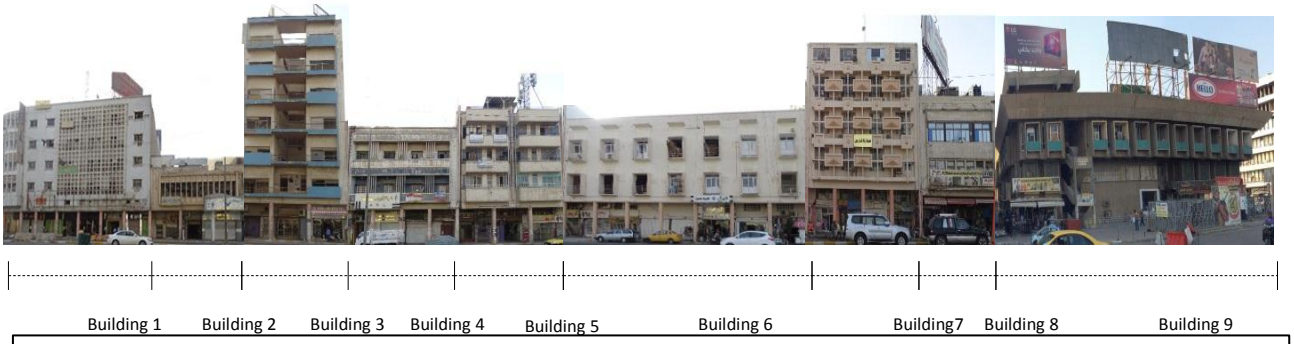
- ضعف وضوح نظام العلامات للحركة والتوجيه.
- تتميز المنطقة بالتشويش البصري لكثرة العناصر التي تجذب الأنتباه. شكل(د) وشكل(هـ)

[د]

[هـ]

شكل (4) تحليل واقع حال منطقة الدراسة ضمن أختبار مؤشرات الوضوحيّة والتصور
المصدر: (تصوير الباحثة)

1-4-2-2أختبار مؤشر النظام:



1) **(تنظيم العلامات الإعلانية على واجهات الأبنية) : شكل (5)**

أ- **تأكيد عامل الاستمرارية البصرية:** لا يوجد توافق تصميمي بين الخصائص الشكلية لواجهات الابنية والعلامات الإعلانية من خلال مراعاة تحقيق الانسجام في تصميم العلامات مع تقسيمات واجهات الأبنية ونسبها والوانها وأشكالها.

ب- **تأكيد عامل الوضوح:** ضمن ملاحظات الدراسة الميدانية للباحثة لا تمثل العلامات الإعلانية عنصراً مساهماً في اضفاء الوضوح لواجهات الابنية .

شكل (5) واجهات الأبنية المطلة على فضاء الشارع ودورها في تحقيق مؤشر النظام.
المصدر:(تصوير الباحثة)

2) تنظيم العلامات الإعلانية لارتفاعات الابنية وخط السماء: شكل(6)

شكلت الإعلانات فوق سطوح الأبنية سمة سلبية بأتجاه تنظيم واستمرارية خط السماء .

1-4-2-4أختبار استمرارية النباتات وعدم حجبها لمسار الرؤية: شكل(7)

نجد أن هنالك نقصاً واضحا في وجود النباتات بالإضافة الى عدم وجود تنسيق وتنظيم لمواقع الأشجار وحجبها لمجال رؤية الإعلانات.

شكل(6) تنظيم العلامات الإعلانية لارتفاعات الابنية وخط السماء المصدر:(تصوير الباحثة)

شكل(7) أختبار استمرارية النباتات وعدم حجبها لمسار الرؤية . المصدر:(تصوير الباحثة)

1-4-2-5 التعقيد: وفقاً للمشاهدة الميدانية لمنطقة الدراسة، لم تجد الباحثة أُطر محددة الأبعاد للعلامات الإعلانية على واجهات الأبنية ، والرسائل كانت غير مباشرة وغير واضحة، كما لم يوجد هنالك تحقيق لمتطلبات وضوحية الرؤية بالأعتماد على مبدأ التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة والتي تم ذكرها سابقاً.

1-4-3 تحليل آليّة التأثير وفق مفهوم التلوث البصري:

1-4-3-1 آليّة التأثير البصري الجمالي للمشهد: تم أختبار مؤشرات التلوث البصري الناتج من العلامات الإعلانية وفق تقييم الباحثة من خلال التقييم لصور واقع حال المنطقة المدرجة في الشكل (8) وفق مؤشر(● قوي- ○ متوسط -Ø ضعيف) وكما موضحة في الجدول (4)

ومن ذلك يتبين بعدم وجود آليّات واضحة ومنشودة بشكل جيد فيما يتعلق بإدارة وصيانة العلامات الإعلانية بالشكل الذي يتضامن مع صيانة المباني أضافة الى ضعف الهياكل الإنشائية وعدم ملائمتها مع السياق المحيط وحركة المارة .

1-4-3-2 آليّة الإصلاح-الجانب التشريعي: من خلال مراجعة الجهة المسؤولة عن تنظيم واقع حال إعلانات شوارع المدينة (لجنة التصاميم - أمانة بغداد) تم وضع عدد من القوانين لتنظيم الإعلانات وتضمنت مايلي: المصدر: (لجنة التصاميم – امانة بغداد،2000)

- يسمح بوضع الإعلانات على سطوح العمارات (الصناعية والتجارية والمكاتب) وأن يرفق عقد إيجار من مالك البناء عند الموافقة النهائية على وضع هذه الإعلانات.
- يسمح بوضع اكثر من علامة إعلانية على السطح الواحد وشريطة أن لاتوضع فوق بعضها .
- تكون رسوم هذا النوع من الإعلانات كما يلي:
- رسوم العلامة الإعلانية وتدفع سنوياً: مساحة العلامة x 2000 دينار/م2
- بدل رسم الإعلان (وتدفع سنوياً أيضاً): (مساحة العلامة x 2000 دينار/م2) x 3(هي عدد الإعلانات الممكنة) مع تجديد هذه الرخصة الإعلانية لهذه الرسوم سنوياً.
- يجب أن لا تحجب العلامات الإعلانية أي من الشواخص الإرشادية والتحذيرية.
- في حالة وضع الإعلانات في أراضي خاصة يجب الحصول على موافقة المالك الخطية .

جدول(3) أختبار آليّة التأثير وفق مفهوم الجودة البصرية – أعداد الباحثة

المفردة الرئيسة	المؤشرات والمتغيرات الممكنة			قوي	متوسط	ضعيف
آليّة التأثير وفق مفهوم الجودة البصرية	الوضوحيّة والتصور: 1- المسارات : أ) مؤشر التوجيه وايجاد الطريق:	أنساق أنظمة العلامات	التصميم المتناسق لأنظمة العلامات والتي يمكن تمييزها بسهولة من قبل شخصية وحدات النظام وأجزائه والتي تشمل : (اللون، والحروف، والنسب، والرسومات).			Ø
		التكامل البصري	(1) تعزيز الطابع والهوية المكانية من خلال العناية بتصاميم العلامات الإعلانية والتي تنسجم مع الطابع البصري للمكان.			Ø
			(2) الاهتمام بأثاث الشارع وتصميم الفضاء العام.			Ø
			(3) الحد من الفوضى البصرية لتعزيز صورة المشهد الحضري ووجهات نظر المشاهد من خلال أنشاء واجهات واضحة ومتناسقة مع أنظمة العلامات.		○	
		سهولة الوصول	من خلال وضوح البدايات والنهايات لمسارات الحركة.	●		
			من خلال تأكيد خاصية التوجيه للمسار الحركي من خلال الإعلانات			Ø
			من خلال أستمرارية المسار الحركي.			
		الهوية	من خلال وجود إشارات أو علامات تعرف عناصر الهيئة الفيزياوية للمشهد وتمنح المشاهد الشعور بالأمن والأمان وتمنعه من الشعور بالضياع.			Ø
	المعالم		من خلال وضوح الشكل العام.		○	
			من خلال التميّز بالأنفراد والوحدة.			Ø
			من خلال سهولة إدراكها مهما أختلف المدى الزمني والمسافة والسرعة.	●		
	العقد		من خلال وضوح نظام الحركة والتوجيه.			Ø
			من خلال وجود العناصر التي تجذب الأنتباه.			Ø
	النظام		1-تنظيم العلامات الإعلانية على واجهات الأبنية			Ø
			2- تنظيم العلامات الإعلانية لارتفاعات الأبنية وخط السماء			Ø
	استمرارية النباتات		تتحَقّق من خلال تنظيم الأشجار والنباتات وأن لا تشكّل عائقاً لمجال الرؤية البصرية للمعلومات التي تنقلها العلامات الإعلانية.			Ø
	التعقيد (التنوع والغنى في العناصر)		تحقيق النسب المحددة الأبعاد على واجهات الأبنية.			Ø
			تحقيق رسائل مباشرة وواضحة.		Ø	
			تحقيق عدد محدود من الكلمات والرموز.			Ø

		تحقيق التناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة.		Ø	

- في حالة الإعلانات على الطرق السريعة ومداخل المدن : حددت أبعاد العلامة 4 م ارتفاع x 5 م عرض ، وتستوفي أجور أشغال محرمات الشارع بمعدل (10000 دينار سنوياً/ م^2).
- في حالة الإعلانات على الطرق الثانوية والرئيسة (وتشمل جميع الطرق داخل مدينة بغداد بأستثناء الشوارع السكنية)يراعى مايلي :
- البعد بين العلامة وأي ساحة أو إشارة مرورية أو تقاطع مع شارع يجب أن لايقل عن50 م.
- حددت البعد بين علامة واخرى بمسافة لاتقل عن 50 م.
- السماح بإعلانات الشركات على التقاطعات والاشارات الضوئية ومثلثات الطرق على أن لاتزيد عن أربع لوحات في التقاطع الواحد ولايسمح للشركة الواحدة بأكثر من علامتين في نفس الموقع على أن لا تعيق حركة المرور(عدا مايتم استثنائه من قبل الأمانة).
- تكون أجور أشغال الرصيف للإعلانات الموجودة ضمنه أو ضمن حرم الشارع (10000 دينار سنويا/ م^2).

يتضح من مراجعة قوانين (مبادئ وتوجيهات) أمانة بغداد انها اتسمت بالعمومية واقتصرت أغلبها على دفع أجور مالية مقابل عرض العلامات الإعلانية، مما سمح بالمخالفات والتشوهات الجمالية لواجهات الابنية وفضاء الشارع نتيجة عدم وجود مبادئ وآليّات توضح طرق أستخدام العلامات الإعلانية بمختلف أشكالها وبالشكل الذي يجعل منها أحد العناصر الجمالية التي تساهم في إغناء وأثراء مشهد المدينة.

شكل [أ]

شكل [د]

شكل [ب]

شكل [هـ]

شكل [ج]

شكل [و]

شكل(8) أختبار واقع حال المنطقة ضمن آليّة تأثير العلامات الإعلانية على الجانب البصري الجمالي للمشهد.
المصدر:(تصوير الباحثة)

جدول(4) أختبار آليّة تأثير العلامات الإعلانية على الجانب البصري الجمالي للمشهد– أعداد الباحثة

المفردة الرئيسة		المؤشرات والمتغيرات الممكنة	قوي	متوسط	ضعيف
آليّة التأثير وفق مفهوم التلوث البصري	التأثير البصري الجمالي للمشهد	أ- ضعف الاستمتاع بالمتتابعات البصرية .	●		
		ب- تضرر المناظر ذات القيمة وخلق مناظر غير مرغوب بها.	●		
		ج- تضرر المفهوم الفراغي وخاصة للميادين والفضاءات المفتوحة.	●		
		د- تضرر المباني المجاورة وخاصة التاريخية والدينية من خلال: 1- الفوضى الناتجة عن الأعداد الكبيرة للعلامات الإعلانية والتباين الكبير في الخصائص التصميمية من حيث الحجم واللون والنسب والمادة والموقع.		○	
		2- الصراع الجمالي بين العلامات الإعلانية والخصائص الشكلية لواجهات الأبنية [خطوط (افقية ، عمودية) – شبابيك- الوان- ابواب).	●		
		هـ- التأثير السلبي على المظهر العام للشارع من خلال عشوائية تنسيقها وانتشارها بهياكلها الإنشائية بارتفاعات مختلفة ومقياس لا يتناسب مع مقياس الشارع.		○	

عموماً كانت نتائج الدراسة تعطي المؤشرات الواضحة عن الجوانب السلبية في الاستعمال للعلامات الإعلانية ، كما ويتضح قوة تحقق مؤشرات التلوث البصري مقابل أنخفاض في تطبيق مؤشرات الجودة البصرية ، مما يشير الى صحة فرضية البحث : (يؤثِّر غياب التوافق في الخصائص التصميمية (الدلالية) للعلامات الإعلانية على كفاءة أدائها بوصفها فعل إتصال وإدراك، وعلى خفض الجودة البصرية وزيادة ظاهرة التَّلَوُّث البصري في المشهد الحضري لمراكز المدن).

1- 5 الاستنتاجات:

1) يتمثَّل الإعلان الحضري بإشارات ورموز تمتلك شفرات معينة تُرسِل رسائل وإيعازات للمتلقّي قد تكون: تجارية ، توجيهية، ثقافية...الخ، وهو جزء من عملية تحقيق الهوية والذات فضلاً عن كونه أحد العناصر التي تعمل على جذب انتباه المتلقّي وتحقق نوعاً من الإتصال.
2) تتحدد كفاءة أداء الإعلان الحضري بوصفه فعل إتصال وإدراك من خلال فاعلية خصائصه التصميمية (الدلالية) التي تؤثر على عملية أستيعاب المتلقي وتحقق بدورها (وضوحية الرؤية) وتقلل من (مستوى التشويش) والمتمثلة بـــ:(الحجم، وحجم الحروف، والإضاءة، والتناقض اللوني بين الحروف وخلفية العلامة ، والحدود الخارجية للعلامة ، والموقع).
3) يجب مراعاة التناسق اللوني بين العلامة وواجهات الأبنية وتحقيق متطلبات وضوحية الرؤية والتي تتطلب تحقيق أعلى مستوى من التناقض بين الحروف وخلفية العلامة وأستخدام عدد أقل من المجموعات اللونية.
4) تتحدد آليّات التأثير الإيجابي للعلامات الإعلانية في الوصول الى هدف (المدينة الواضحة- المقروءة المعالم) وتحسين خيارات التوجيه وإيجاد الطريق في أنحاء المدينة من خلال مراعاة : (أنساق أنظمة العلامات- تحقيق متطلبات سهولة الوصول- تحقيق متطلبات التكامل البصري).
5) تعدّ مفاهيم الوضوحيّة والتصور من مفاهيم تحقيق الجودة البصرية في المشهد الحضري حيث تعمل على تشكيل صورة ذهنية واضحة ومقروءة للمشاهد، وتوفِّر أحساساً كفوءاً للتوجيه من خلال ربط الناس مع الفضاءات الحضرية (Connectivity) من خلال نظام حركة معلوماتي كامل يسهل الوصول (Accessibility) ويجعل المدينة أكثر ترحيباً تعطي المتلقّي المتعة والتشويق في أثناء حركته في فضاءاتها الحضرية.
6) تُمثِّل العلامات الإعلانية أحد المتطلبات الاساسية للأحتياجات الإنسانية ، حيث تعمل على تعزيز مستوى الوعي والإدراك بين الإنسان وبيئته الحضرية وإثارة الفكر والعواطف والاحاسيس وإعطاء الشعور بالأمن والأمان وتخلق تجربة حسّية متكاملة تجسِّد الأحساس والشعور بالإنتماء المكاني من خلال وجود الأسماء والمعاني.

7) تعمل العلامات الإعلانية على تعزيز الشعور بالهوية من خلال وجود الأسماء والمعاني لتثبيت هوية الهيئة الفيزياوية للبيئة الحضرية، حيث تعمل على نقل تفاعلات معينة وترجمتها من خلال نظام تعبيري من العلامات .
8) يرتبط مفهوم النظام لتحقيق الجودة البصرية في المشهد الحضري بمستويين هما :
- مستوى تنظيم العلامات الإعلانية على واجهات الأبنية.
- مستوى تنظيم العلامات الإعلانية لارتفاعات الأبنية وخط السماء.
9) يشير التعقيد إلى التنوع المحدود في الخصائص التصميمية للعلامات الإعلانية والتي تتضمن: (الحجم، والشكل، والنسب المحددة الابعاد، والترتيب على الواجهة، وجود الكلمات والصور، والتباين اللوني بين الحروف وخلفية العلامة)
10) يعدّ الجانب القانوني – التشريعي بتوفيره المبادئ التوجيهية لطرق استخدام العلامات الإعلانية أهم الأدوات التي تعتمدها السلطة التنفيذية في الحفاظ على الشكل الجمالي لمشهد المدينة.
11) تطَّرق البحث إلى آليّة إصلاح الخلل الإدراكي البصري من خلال دراسة أهم القوانين والتشريعات التي أبرزت نجاحها على المستوى العالمي لتنظيم طرق عرض العلامات الإعلانية ومعرفة أهم المبادئ والتوجيهات التي تتضَمنها والتي بالإمكان أن تكون أسساً لتوجهات عامَّة لكافة المعنيين بعملية تنظيم طرق عرض العلامات الإعلانية ولخص البحث اهم المبادئ التي تضمنتها وهي السيطرة على الخصائص التصميمية من خلال: تحديد نسبة التغطية (الحجم) - تحديد الموقع- تحديد حجم الحروف- تحديد اللون- التحكم في كمية المعلومات المعروضة لتجنب العبء المعلوماتي على المتلقّي- تحقيق التناسق والانسجام بين العلامات الإعلانية والخصائص الشكلية لواجهات المباني من حيث (اللون، والنسب، والحجم) .
12) اخضاع (الباب الشرقي – ساحة التحرير) الى تقييم الباحثة الذي على ضوئه تم تأشير وتشخيص تأثير العلامات الإعلانية على المشهد الحضري بالأستناد الى المؤشرات التي تم التوصل اليها في الإطار النظري واعتماداً على التصوير الموقعي والظرف المكاني والزماني وأكدت النتائج على مايأتي: يعاني المشهد الحضري في مركز مدينة بغداد تلوثاً بصرياً ناتج من سوء أستخدام العلامات الإعلانية بينما كان المفروض أن تتوافر فيه الخصائص المناسبة لتحقيق بيئة حضرية مناسبة وملائمة لكونها من أهم المكونات الحضرية في المدينة.

6-1التوصيات:

1) اعتماد الدراسة الحالية على الصعيد التطبيقي بغية إغناء تجارب وخبرات العملية التصميمية .
2) ضرورة توضيح اللغة البيئية المستخدمة للإتصال من خلال توحيد الرموز والعلامات وأساليب التعريف عن الأمكنة والأتجاهات والإعلانات التجارية وسبكها في قالب متماسك وحيوي وعدم التساهل في كل ما من شأنه تلويث البيئة الحضرية بصرياً او حسياً او مادياً.
3) ضرورة أن تعمل الجهات المسؤولة في أمانة بغداد عن وضع القوانين والتعليمات والمحددات الخاصة بكل شارع (ضمن أطار تنظيم العلامات الإعلانية) وأدراجها ضمن قانون (الطرق والابنية) وبما ينسجم مع تلك الشوارع وخصوصيتها الشكلية والمعنوية.
4) تصميم كُتيِّب (دليل مرشد) يحوي بعض الآليّات والأنساق الجمالية للسيطرة على طرق عرض العلامات الإعلانية يصممه مختصون ومصممون في مجال الرؤية البصرية وينبغي أن يُوزَّع على أصحاب المحلات التجارية وجميع أفراد المجتمع المهتمين بهذا الموضوع.
5) تثقيف الناس بيئياً، من خلال القيام بحملات مكثفة في وسائل الإعلام المرئية والمقروءة والمسموعة لتشجيعهم على المنافسة في مجال الارتقاء بمظاهر الذوق العام والجمال من خلال تطوير فعالياتهم وتنظيمها (ضمن أطار مجال الإعلان) الهدف منها تقليل الأثار السلبية الناتجة عنها والمتمثلة بـظاهرة (التلوث البصري) وتعزيز نتائجها الإيجابية المتمثلة بزيادة الحيوية الاقتصادية والجمالية للمدينة.

المصادر

1-المصادر العربية

1) **أبن منظور**، جمال الدين ابو الفضل محمد بن مكرم (1981)،**(لسان العرب لأبن منظور)**- دار المعارف للنشر، الطبعة الأولى (طبعة بولاق)- مصر- القاهرة.
2) **أسعد رزوق** (1977)، **(موسوعة علم النفس)**، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، الطبعة الأولى، بيروت.

3) **الأعظمي**، زينب رياض هاشم **(المحاور الحركية والبصرية وتأثيرها في المشهد الحضري لمراكز المدن)**، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الهندسة- جامعة بغداد، 2008.

4) **الحنكاوي**، وحده شكر(1993)، **"اثر خصائص التنظيم الفضائي للنسيج الحضري على التفاعل الاجتماعي"**، رساله ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية.

5) **الحريقي**، فهد بن عبدالله نويصر(2003)، **"التوافق والانسجام في البيئة العمرانية في ظل انتشار اللافتات التجارية"**، قسم التخطيط الحضري والإقليمي ، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل العلوم الأساسية والتطبيقية ،المجلد الرابع - العدد الأول .

6) **الجبوري**، نسرين رزاق ابراهيم (2000)،**"التلوث البصري في البيئة الحضرية"**، دراسة التطابق الإدراكي بين المظهر والجوهر، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الهندسة- جامعة بغداد.

- **الجميلي**، سعد خضير محمود(2015)،**" سيكولوجية الإدراك وتنمية مهارات التصميم الإبداعي"** دار الكتب والوثائق ببغداد 2242 .
- **العلوان**، هدى عبد الصاحب حسن (2001)،**"(وضوحية البيئة المعمارية): دراسة سايكوفيزيائية للتمثيل الذهني للبيئات المعقدة"**، اطروحة دكتوراه مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية، جامعة بغداد.
- **النعيمي**، غادة غالب عبد الوهاب (2006)، **"أثر خصائص اللون في تحفيز الشعور الايجابي نحو المشهد الحضري للشارع التجاري"**، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية - الجامعة التكنولوجية.
- **المورد**، وزارة الثقافة ، العراق، العدد 1/14 لسنة 1974.
- **سوسن صبيح** حمدان،(2010)،**أثر التلوث البصري في تشويه جمالية المدن"مدينة بغداد نموذجاً"**، الجامعة المستنصرية، قسم الدراسات الجغرافية، مركز المستنصرية للدراسات العربية والدولية.
- **ضياء علي** حسين (2012) ، **الاثراء البصري في المشهد الحضري (دراسة تحليلية في شارع الرشيد – الرصافة)** ، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد.
- **(لجنة التصاميم – امانة بغداد)**(2000)،(مقترح التعليمات الخاصة باللوحات الإعلانية للمؤسسات والشركات والمكاتب).
- **مهدي ياسين** فاخر جعفر(2013) ،**" التلوّث البصَري وتأثيراته في البيئة الحضرّية المُعاصرة"(دراسة سايكوفيزيائية لمنطقة الجزائر- البصرة)**، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية- جامعة بغداد.
- **محسن جبار** عوده (2007)، **المشهد الحضري لمركز المدينة والتوجهات الفكرية المعاصرة (دراسة تحليلية لمركز مدينة المحمودية)**، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية ، الجامعة التكنولوجية.
- **ندى عكرمة** عبد الرحيم (2001)، **الإثارة والتشكيلات اللونية في جماليات الفضاءات الداخلية**، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية الجامعة التكنولوجية.
- **نغم زيد** علي (2008)، **"عناصر الجذب في المشهد الحضري واليات تعزيزها"** ، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد.

2-المصادر الأجنبية

- **Ashihara**, Y. 1981, ***The Aesthetic Townscape*** ,Published by Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- **Aydin**, C., and Nisanci R. 2008, *Article* ***:Environmental harmony and evaluation of advertisement billboards with digital photogrammetry technique and GIS capabilities: a case study in the City of Ankara.*** Sensors 8(5), 3271-3286 ISSN 1424-8220.
- **Better streets plan.** 2011, *San Francisco Planning Department in Collaboration with Community Design, Architecture and Nelson/Nygaard Consulting Associates*, SanFrancisco, U.S.A.
- **Boroondara Council Plan**. 2009, Report: ***Advertising signs Boroondara City of Harmony*** , available on the website: www.boroondara.vic.gov.au
- **Calori** , Ch ,David, Eynden . 2013, ***Signage and Wayfinding Design: A Complete Guide to Creating Environmental Graphic Design Systems***, John Wiley & Sons, ISBN 0-465-06710-7 **",** Canada.
- **Collins Dictionary** of the English Language. 1979, *William Collins Publishers, Sydney, Australia*.

- **Draft Sydney Development Control Plan. 2015**, ***Signs and Advertisements*** , on line link:http://sydneyyoursay.com.au/draft-sydney-development-control-plan-signs-and-advertisements-2015/documents/20114/download
- **Follis**, John and Hammer, Dave. 1979**,** ***Architectural signing and graphics***, New York : Whitney Library of Design.
- **Gecer**,F. 1999, ***The Design of Information Elements in Urban Areas; A Case Study at izmir, Kemeralti,*** Master of Urban Design**,** izmir Institute of Technology izmir, Turkey**.**
- **Jiuan ,**K . 1984, ***Outdoor Advertising Signs in the Townscape: A visual resource*****?**, University of Canterbury, Lincoln College**.**
- **Kelly**, A. and Kelly, M. 2003, ***Building Legible Cities 2***, Bristol: Bristol Cultural Development Partnership.
- **Kassab** , M , April 18, 2011 ,Report**:** ***Best Practice: Clean City Act***, available on the NYC Global Partners' Innovation Exchange website: www.nyc.gov/globalpartners/innovationexchange
- **Lynch**, K. 1960, ***The Image of the City***, Cambridge, Massachusetts, the MIT Press, London.
- **Merriam**-Webster's Collegiate Dictionary. 2003, *American Webster's incorporated , 1thed*.
- **Morris**, M., Hinshaw, M., Mace, D., & Weinstein, A. 2001, ***Context-Sensitive Signage Design,*** Chicago, IL: American Planning Association, on line link: https://www.planning.org/research/signs/pdf/contextsensitivesignagedesign.pdf
- **Nasar** ,J . 1999**,** ***Visual Preferences In Urban Signscapes,*** Environment And Behavior, Vol. 31 No. 5, September 1999 671-691© 1999 Sage Publications, Inc.
- **Portella**, A. 2014, ***Visual Pollution: Advertising, Signage and Environmental Quality*** ,Oxford Brookes University, The Joint Centre for Urban Design, UK.
- **Portella**, A . 2007, ***Visual Quality of Commercial City Centers and Legibility of Commercial signs,*** Master Dissertation in Regional and Urban Planning, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- **Polat,** T. 2015**,** ***Visual Quality Assessment in Landscape Architecture,*** 16 September, 19th International Academic Conference, Florence, ISBN 978-80-87927-15-1 , IISES ,Selcuk University, Turkey
- **Rapoport** , A. 1977, ***Human Aspects of Urban Form***, Wheaton and Co., Exeter, London.
- **Schulz**, N.(1980)**,"Genius loci"** ,New York, Rizzoli.
- **Wayfinding Sydney Strategy Report**. 2012, *Legiable Sydne*y, City of Sydney.

3- الشبكة المعلوماتية

- http://mawdoo3.com
- 41) [ساحة التحرير -(بغداد)/https://ar.wikipedia.org/wiki]
- 42) الدليل الإرشادي : أسس ومعايير التنسيق الحضاري الإعلانات واللافتات في مصر (2010) من الموقع الالكتروني:
- http://www.urbanharmony.org/guide/ealanat%20lafetat.pdf
- 43) /http://www.artlex.com
- 44) http://www.merriam-webster.com/dictionary/Legibility
- 45) https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D9%83%D8%B3%D8%A8%D9%88_2010

ENGINEERING

College of Engineering University of Baghdad No.12 Vol. 23 December 2017

List of Contents

English Section: Page

A New Analytic Method to Tune a Fractional Order PID Controller 1 - 12
Omar Waleed Abdulwahhab
Dr. Nizar Hadi Abbas

Numerical Study of Heat Transfer Enhancement for a Flat Plate Solar Collector by Adding Metal Foam Blocks 13 - 32
Asst. Prof. Dr. Mohammed Abdulraouf Nima
Ali Mohammed Ali

Reservoir Characterizations and Reservoir Performance of Mishrif Formation in Amara Oil Field 33 - 50
Hussain Ali Baker
Alaa Shihan Awad

Experimental Investigation of Nano Alumina and Nano Silica on Strength and Consistency of Oil Well Cement 51 - 69
Dr. Hassan Abdul Hadi
Hassan Abdul Ameer

The Dynamic Behavior of Water Flowing Through Packed Bed of Different Particle Shapes and Sizes 70 - 81
Sarmad Talib Najim
Haneen Ahmed Jasim

Cathodic Protection Design Algorithms for Refineries Aboveground Storage Tanks 82 - 95
Kosay Abdul sattar Majbor
Qais Matti Alias
Wafa Faraj Tobia
Mohamed Adnan Hamed

Compression Index and Compression Ratio Prediction by Artificial Neural Networks 96 - 106
Abbas Jawad Al-Taie
Dr. Ahmed Faleh Al-Bayati
Zahir Noori M. Taki

E-ISSN 2520-3339

P-ISSN 1726-4073

Journal of Engineering

A Scientific Refereed Journal
Published by
College of Engineering
University of Baghdad

December
2017

Number 12

Volume 23

E-ISSN 2520-3339

P-ISSN 1726-4073

مجلة الهندسة

مجلة علمية محكمة تصدرها
كلية الهندسة ـ جامعة بغداد

كانون الاول
2017

العدد 12
المجلد 23

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد
2231 لسنة 2017

قائمة المحتويات

القسم العربي:

العنوان	الصفحة
(أثر العلامات الإعـلانية في المشهد الحضري لمراكز المدن) (الباب الشرقي – ساحة التحرير) حالة دراسية *أ.م. د. أنعام البزاز* *حنان ضياء حسين*	**1 - 25**