مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (4) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (4) 2009

ضبط الكلفة الأولية للمباني اعتمادا على مبادئ هندسة القيمة

الدكتور علي عوض الدياب*

(تاريخ الإيداع 17 / 2 / 2009. قُبِل للنشر في 2009/10/1)

□ ملخّص □

من المعلوم أنّ اعتماد مبادئ هندسة القيمة بشكل مبكر يعطي نتائج أفضل، ومن المعلوم أيضا أنّ مرحلة تصميم الأسكيز في مشاريع الأبنية هي الخطوة الأولى في عملية التصميم، وهي من أهم مراحل دراسة المشروع نظرا لتحديد شكل المساقط خلالها، وكذلك الأبعاد الثلاثية للكتل المعمارية، ولذلك فإنَّ أي دراسة تساعد على تقليل الهدر وحذف غير الضروري في هذه المرحلة سيكون لها الأثر الإيجابي الكبير على كلفة التشييد.

لقد تم في هذا البحث إيجاد طريقة تحليلية وإحصائية تساعد مصمم أسكيز المباني على تقييم كلفة عدة بدائل لهذا الأسكيز، وبالتالي اختيار الأوفر اقتصاديا منها، وكذلك تساعد هذه الطريقة على معرفة أسباب الهدر والكلفة الزائدة في التصميم من خلال التركيز على أهم المتحولات المؤثرة على كلفة الإنشاء وربطها بالمعطيات الأساسية للأسكيز، تم تطبيق الطريقة على أبنية المكاتب وهي الأكثر انتشارا في سورية.

الكلمات المفتاحية: تصميم المباني، أسكيز، كلفة الإنشاء، هندسة القيمة، حلول مثلى.

* مدرس – قسم الإدارة الهندسية والإنشاء– كلية الهندسة المدنية –جامعة البعث–حمص–سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (4) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (4) 2009

Building Initial Cost Control Using Value Engineering Principals

Dr. Ali Awad Aldiab*

(Received 17 / 2 / 2009. Accepted 1 / 10 / 2009)

□ ABSTRACT □

In value engineering Principals, it is known that early directing will give good results.

The sketch design phase is the most important stage in building project life cycle, because in this stage, the dimensions of blocks will be defined. So, any study, which aims to eliminate the unnecessary cost in this phase, should be very important.

We define in this research un analytical and statistical approach which can help the architect to evaluate many design alternatives and to choose the best one. This method focus on the study of current office building in Syria, which results in considerable cost saving in such buildings.

Key words: Building design, sketch, construction cost, value engineering, optimal alternatives.

* **Associated Professor, Department of Projects Management, Faculty of Civil Engineering , Albaath University , Homs, Syria.**

مقدمة:

من المعلوم أنّ الاهتمام بإيجاد الحل الأمثل لمسائل التصميم يتم في المراحل المبكرة للدراسة، حيث تكون النتائج مرضية أكثر والتوفير الاقتصادي أكبر [2] و[9].

خلال وضع الأسكيز، وانطلاقا من بعض المعطيات الأساسية للمشروع (مساحة المبنى الكلية المطلوبة، مساحة الأرض، معطيات الموقع، الخ) يقوم المصمم باقتراح عدة بدائل للحل تتميز عن بعضها البعض بشكل المسقط والأبعاد الفراغية، ولتحديد كلفة كل منها وبشكل تقريبي يجب تحديد العوامل أو (المتحولات) الأساسية المؤثرة على هذه الكلفة، ثم ربط كل عامل من هذه العوامل بالمعطيات الأساسية المتوفرة، سواء في الأسكيز أو في المشروع بشكل عام، فمثلا إن تغيير ارتفاع المبنى على حساب امتداده الأفقي قد يغير نوع الأساسات، وهذا يغير في كلفة المبنى، كما أن تغيير نسبة طول المقطع إلى عرضه تغير مساحة السطح الجانبي، وهذا أيضا يؤثر في كلفة الإنشاء.

أهمية البحث وأهدافه:

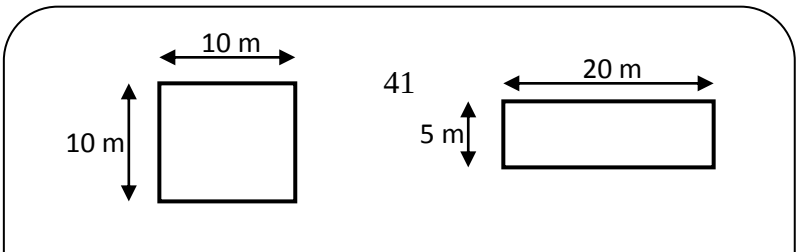
يهدف البحث إلى إيجاد طريقة منهجية تساعد المصممين على تحديد المعطيات الفراغية الأساسية للأسكيز (عدد الطوابق، شكل المسقط، نسبة الطول إلى العرض، الخ) ذات الكلفة الدنيا، كما تهدف هذه الطريقة أيضا إلى تحديد كلفة أسكيز لمبنى مقترح، وتقييم ومقارنة كلفة عدة مقترحات وتحديد الأفضل، و أهمية هذا البحث تكمن في إيجاد طريقة علمية تساعد على الإقلال من الهدر الممكن حدوثه في تصميم المباني، وخلال المراحل المبكرة من التصميم.

طرائق البحث ومواده:

إن الطريقة المعتمدة في البحث تقوم على إجراء دراسة تحليلية واستبيانية لمجموعة من أبنية المكاتب، والمنفذة في السنوات الأخيرة في محافظة حمص، وذلك بهدف تحديد العوامل الأكثر تأثيرا في كلفة الإنشاء من جهة، ومن جهة أخرى تحديد المعطيات المعمارية الأكثر رواجا لهذا النوع من المباني، وبعد إجراء هذه الدراسة وإيجاد الطريقة المنهجية التي تحقق الهدف المنشود، تم إظهار أهمية هذه الطريقة من خلال تطبيقها على مبنى منفذ حديثا، وكذلك تمت الاستفادة منها في استخلاص بعض النتائج والتوصيات في مجال تصميم أبنية المكاتب.

النتائج والمناقشة:

لنفرض أنه وبهدف تصميم قاعة بمساحة $100\ m^2$ تم اقتراح المسقطين المبينين في الشكل (1)، إن المسقط (a) له محيط يساوي 50 m، بينما المسقط (b) له محيط يساوي 40m ، وبالتالي فإن كلفة الغلاف في المسقط الأخير أقل منها في المسقط (a) بالرغم من إن لهما نفس المساحة، وهذا يقودنا إلى استنتاج إن شكل المسقط أو نسبة طوله إلى عرضه توثر على كلفة التصميم.



الشكل (1): مساقط معمارية متساوية المساحة.

أيضا لو تخير المصمم بين بديلين لمبنى مساحته $2000\ m^2$ على الشكل التالي : الأول بطابقين مساحة كل منهما $1000\ m^2$ والثاني بأربعة طوابق مساحة كل منها $500\ m^2$ ، في هذه الحالة، وتبعا لمعطيات التربة، ربما يتغير نظام الأساسات، وحتى لو بقي نفس نوع الأساسات (منفردة مثلا) ففي هذه الحالة يكون عدد الأساسات المطلوب في البديل الأول أكبر من عدد الأساسات في البديل الثاني، وبالتالي كلفة التأسيس تغيرت.

من جهة أخرى، فإن للكلفة الإضافية المترتبة على أعمال السطح الأخير (مثل مواد العزل، طبقة الميول، التصوينة) تكون اكبر في حالة البديل الأول، نظرا لان مساحة سطحه الأخير تعادل ضعفي مساحته في البديل الثاني. وهنا يمكن القول، إنه كلما ازداد الانتشار الأفقي للمبنى كلما ازدادت كلفة سطحه الأخير.

العوامل الأكثر تأثيرا على الكلفة في مرحلة الأسكيز:

إنّ كلفة المشروع تتكون عادة من عدة كلف رئيسية هي : كلفة الأرض، كلفة البناء، كلفة الموقع العام. وكلفة البناء تقسم عادة إلى كلفة مباشرة (مثل ثمن المواد الأولية، كلفة اليد العملة، كلفة الآليات) وإلى كلفة غير مباشرة (أجور الدراسة والإشراف، الحراسة، فوائد رأس المال وغيرها).

إنّ ضبط الكلفة في مرحلة الأسكيز يتم عادة بخطوتين : 1- اختيار أسكيز يلبي المتطلبات المعمارية مع أدنى نسبة هدر ممكنة في مساحات وحجوم مكونات هذا الأسكيز، 2- انتقاء مواد بناء وآليات تنفيذ بحيث يتم تشييد المبنى من دون أي كلفة زائدة غير مبررة.

سيتم التركيز في هذا البحث على الخطوة الأولى؛ أي تقليل ما أمكن من المساحات والحجوم غير الضرورية في التصميم المعماري. من خلال الأمثلة الواردة سابقا، اتضح لنا أنّ الكلفة يمكن أن تختلف من أسكيز مقترح لآخر، تبعا لعدة عوامل أهمها[4],[7]: شكل المسقط المعماري، مساحة الغلاف الخارجي ومواد إنشائه، نوع الأساسات، معطيات السطح الأخير.

تصنيف المعطيات المتوفرة في مرحلة الأسكيز:

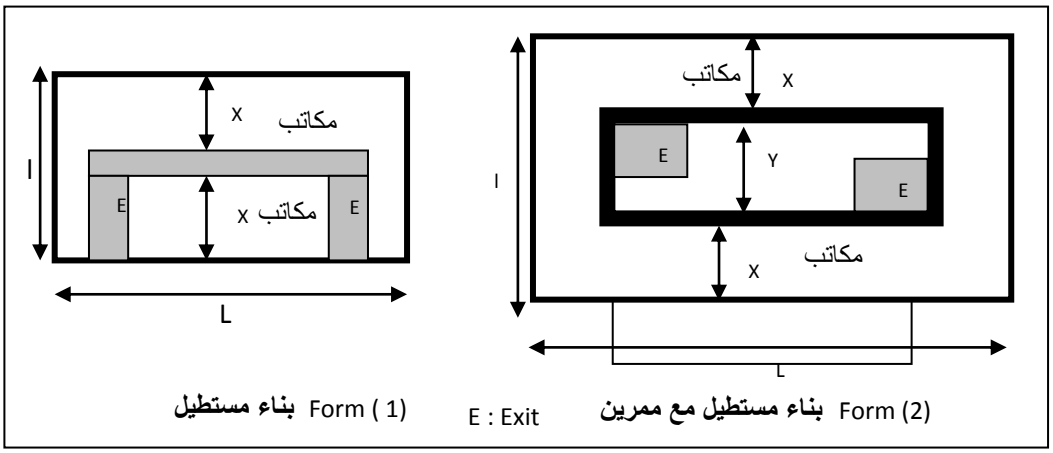
يمكن تصنيف هذه المعطيات على الشكل التالي **[3]:**

- المعطيات المتعلقة بالموقع: كروكي للموقع يبين شكل الأرض وأبعادها، وكذلك طبيعة الجوار، طبقات التربة وطبيعتها، المعطيات المناخية، شبكات التخديم في المنطقة،الخ.
- المعطيات الفنية : معطيات ضابطة البناء، مثل عدد الطوابق الأعظمي المسموح بها، مساحة المسطحات الخضراء الدنيا المطلوبة في خانة البناء، الوجائب، الخ.

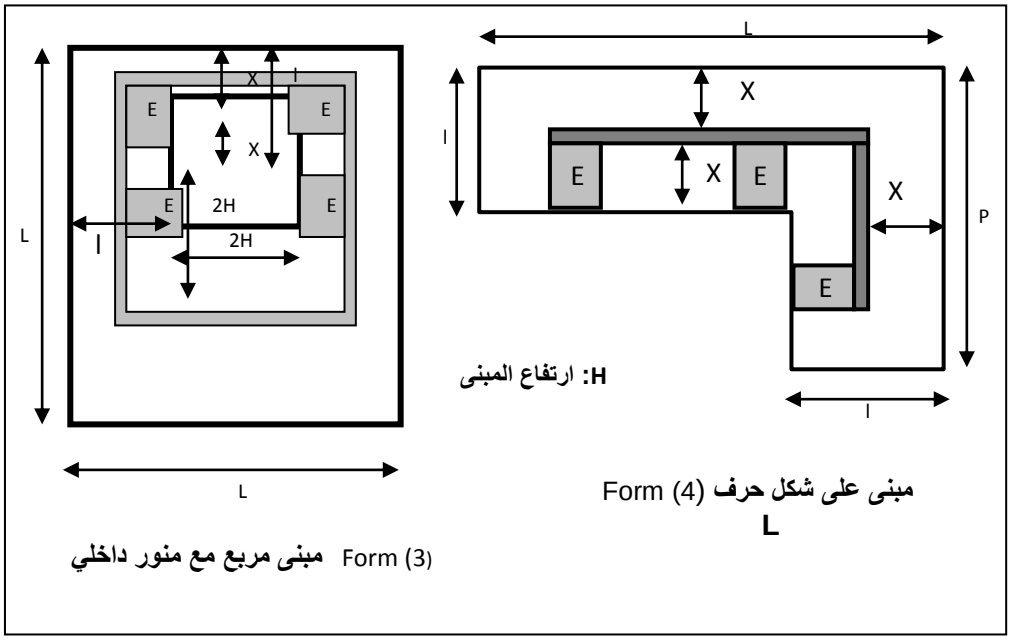
- المعطيات المتعلقة بالمبنى : المساحة الكلية المطلوبة، نسبة النوافذ في الواجهة، مواد الإكساء، الخ.

مواصفات الأبنية قيد الدراسة:

أن أغلب أبنية المكاتب التي تمت دراستها لها الأشكال الأربعة الموضحة في الشكلين (2)و(3)، والتي تتميز بوجود ممر وسطي مع صفي مكاتب يميني ويساري **[6],[8]**.



الشكل (2): المساقط المعمارية للمقطعين1و2.



الشكل (3): المساقط المعمارية للمقطعين 3و4.

تقييم المساقط المعمارية للأشكال الأربعة المدروسة:

يتم عادة تقييم المسقط المعماري باستخدام مؤشرين هما: 1- المردود المعماري للسطح 2- معامل المحيط. المردود المعماري لمسقط هو نسبة المساحة المفيدة إلى المساحة الكلية. والمساحة المفيدة في المقابل تساوي مجموع مساحات أماكن ممارسة المهنة المباشرة، وهي تساوي المساحة الكلية مطروحاً منها المساحة المشغولة بالجدران الداخلية والخارجية والأعمدة والممرات والأدراج والمصاعد وأماكن صعود التمديدات [5]،[3]، والتي عادة ما تكون معّرفة سواء في الكودات المعمارية، أو من خلال مراجعة اضبارات المشاريع المنفذة، وقد اعتمدنا في دراستنا على المعطيات التالية:

- السماكة الكلية للجدران الخارجية تساوي 30cm ،
- مقطع الأعمدة يتراوح من $0.08\ m^2$ إلى $0.25m^2$ وذلك من الأعلى إلى الأسفل،
- عرض الممرات يساوي 1.5m ،
- مساحة وسطية لبيت الدرج تساوي $19m^2$ ، والمسافة فاصلة بين درجين متتالين لا تزيد عن 40m،
- مساحة وسطية لبيت المصعد تساوي $5m^2$ ولبيت مصعد البضائع تساوي $4.68m^2$،
- مساحة وسطية للمكان المشغول بالتمديدات الصحية والكهربائية والهاتف وغيرها تتراوح بين $8m^2$ و $15m^2$ ،

أما المؤشر الثاني (معامل المحيط) فهو يساوي نسبة محيط المقطع إلى مساحته؛ أي نصيب المتر الربع من المسقط من محيط هذا المسقط وتقدر ب $m\backslash m^2$.

إن الجداول (1)و(2)و(3)و(4) التالية تبين المعطيات المعمارية لكل شكل من الأشكال الأربعة السابقة، بالإضافة إلى المردود المعماري لكل شكل ومعامل محيطه. حيث أن الرموز المستخدمة في الجداول هي: السطح الكلي TS ، السطح المفيد US ، معامل المحيط β.

الجدول (1): المعطيات المعمارية للشكل الأول.

X(m)	L(m)	l(m)	TS (m2)	US(m2)	β	المردود
4.5	20	11.24	225	138	0.278	0.61
	30	11.24	337	227	0.245	0.67
	40	11.24	450	315	0.228	0.70
5	20	12.24	245	154	0.263	0.63
	30	12.24	367	252	0.23	0.69
	40	12.24	490	351	0.213	0.72
5.5	20	13.24	265	170	0.251	0.64
	30	13.24	397	278	0.218	0.70
	40	13.24	530	384	0.201	0.73
6	20	14.24	285	186	0.24	0.65
	30	14.24	427	304	0.207	0.71
	40	14.24	570	422	0.19	0.74
6.5	20	15.24	305	202	0.231	0.66
	30	15.24	457	330	0.198	0.72
	40	15.24	610	457	0.181	0.75
7	20	16.24	325	218	0.223	0.67
	30	16.24	487	355	0.190	0.73
	40	16.24	650	493	0.173	0.76

الجدول (2): المعطيات المعمارية للشكل الثاني.

X(m)	L(m)	l(m)	Y(M)	TS (m2)	US(m2)	β	المردود
4.5	30	16.88	4	506	342	0.185	0.68
		17.88	5	536	368	0.179	0.69
	40	16.88	4	675	470	0.168	0.70
		17.88	5	715	506	0.162	0.71
	50	16.88	4	844	598	0.158	0.71
		17.88	5	894	644	0.152	0.72
5	30	17.88	4	536	371	0.179	0.69
		18.88	5	566	397	0.173	0.70
	40	17.88	4	715	509	0.162	0.71
		18.88	5	755	545	0.156	0.72
	50	17.88	4	894	647	0.152	0.72
		18.88	5	944	693	0.146	0.73
5.5	30	18.88	4	566	400	0.173	0.71
		19.88	5	596	426	0.167	0.71
	40	18.88	4	755	548	0.156	0.73
		19.88	5	795	584	0.151	0.73
	50	18.88	4	944	696	0.146	0.74
		19.88	5	994	742	0.141	0.75
6	30	19.88	4	596	429	0.167	0.72
		20.88	5	626	455	0.162	0.73
	40	19.88	4	795	586	0.151	0.74
		20.88	5	835	623	0.146	0.75
	50	19.88	4	994	744	0.141	0.75
		20.88	5	1044	790	0.136	0.76
6.5	30	20.88	4	626	458	0.162	0.73
		21.88	5	656	484	0.158	0.74
	40	20.88	4	835	625	0.146	0.75
		21.88	5	875	661	0.141	0.76
	50	20.88	4	1044	793	0.136	0.76
		21.88	5	1094	839	0.131	0.77
7	30	21.88	4	656	487	0.158	0.74
		22.88	5	686	513	0.154	0.75
	40	21.88	4	875	664	0.141	0.76
		22.88	5	915	700	0.137	0.77
	50	21.88	4	1094	841	0.131	0.77
		22.88	5	1144	887	0.127	0.78

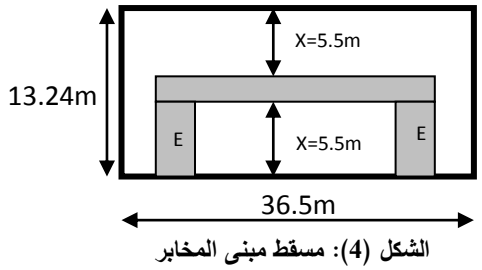
الجدول (3): المعطيات المعمارية للشكل الثالث.

X(m)	عدد الطوابق	L(m)	l(M)	TS (m2)	US(m2)	β	المردود
4.5	1	29.08	11.24	802	536	0.178	0.67
	2	35.68	11.24	1099	769	0.178	0.70
	3	42.28	11.24	1396	1002	0.178	0.72
	4	48.88	11.24	1692	1191	0.178	0.70
	5	55.48	11.24	1989	1424	0.178	0.72
	6	62.08	11.24	2286	1657	0.178	0.72
	7	68.68	11.24	2583	1890	0.178	0.73
5	1	31.08	12.24	922	645	0.163	0.70
	2	37.68	12.24	1246	904	0.163	0.73
	3	44.28	12.24	1569	1163	0.163	0.74
	4	50.88	12.24	1892	1378	0.163	0.73
	5	57.48	12.24	2215	1637	0.163	0.74
	6	64.08	12.24	2538	1896	0.163	0.75
	7	70.68	12.24	2861	2155	0.163	0.75
5.5	1	33.08	13.24	1051	763	0.151	0.73
	2	39.68	13.24	1400	1048	0.151	0.75
	3	46.28	13.24	1750	1333	0.151	0.76
	4	52.88	13.24	2099	1574	0.151	0.75
	5	59.48	13.24	2449	1859	0.151	0.76
	6	66.08	13.24	2798	2144	0.151	0.77
	7	72.68	13.24	3148	2429	0.151	0.77
6	1	35.08	14.24	1187	888	0.140	0.75
	2	41.68	14.24	1563	1199	0.140	0.77
	3	48.28	14.24	1939	1510	0.140	0.78
	4	54.88	14.24	2315	1777	0.140	0.77
	5	61.48	14.24	2691	2088	0.140	0.78
	6	68.08	14.24	3067	2399	0.140	0.78
	7	74.68	14.24	3443	2710	0.140	0.79
6.5	1	37.08	15.24	1331	1021	0.131	0.77
	2	43.68	15.24	1734	1358	0.131	0.78
	3	50.28	15.24	2136	1695	0.131	0.79
	4	56.88	15.24	2538	1988	0.131	0.78
	5	63.48	15.24	2941	2325	0.131	0.79
	6	70.08	15.24	3343	2662	0.131	0.80
	7	76.68	15.24	3745	2999	0.131	0.80
7	1	39.08	16.24	1484	1162	0.123	0.78
	2	45.68	16.24	1912	1525	0.123	0.80
	3	52.28	16.24	2341	1888	0.123	0.81
	4	58.88	16.24	2770	2207	0.123	0.80
	5	65.48	16.24	3199	2570	0.123	0.81
	6	72.08	16.24	3627	2933	0.123	0.81
	7	78.68	16.24	4056	3296	0.123	0.81

الجدول (4): المعطيات المعمارية للشكل الرابع.

X(m)	L(m)	l(M)	P(m)	TS (m2)	US(m2	β	المردود
4.5	30	11.24	25	492	348	0.224	0.71
	40	11.24	30	660	454	0.212	0.69
	60	11.24	35	941	674	0.202	0.72
	80	11.24	40	1222	895	0.196	0.73
5	30	12.24	25	523	381	0.210	0.73
	40	12.24	30	707	501	0.198	0.71
	60	12.24	35	1013	747	0.188	0.74
	80	12.24	40	1319	992	0.182	0.75
5.5	30	13.24	25	553	412	0.199	0.75
	40	13.24	30	752	547	0.186	0.73
	60	13.24	35	1083	817	0.176	0.75
	80	13.24	40	1414	1087	0.170	0.77
6	30	14.24	25	580	441	0.190	0.76
	40	14.24	30	794	591	0.176	0.74
	60	14.24	35	1150	885	0.165	0.77
	80	14.24	40	1506	1180	0.159	0.78
6.5	30	15.24	25	606	468	0.182	0.77
	40	15.24	30	835	633	0.168	0.76
	60	15.24	35	1216	952	0.156	0.78
	80	15.24	40	1597	1271	0.150	0.80
7	30	16.24	25	629	493	0.175	0.78
	40	16.24	30	873	672	0.160	0.77
	60	16.24	35	1279	1016	0.149	0.79
	80	16.24	40	1685	1360	0.142	0.81

مثال: مبنى المخابر في كلية الهندسة البتروكيميائية في جامعة البعث المنفذ حديثا وفق المعطيات التالية: المساحة الكلية =2900 m^2 تقريباً، عدد الطوابق يساوي 6، عمق المكاتب يساوي 5.5m ومسقطه موضح في الشكل (4) ، (المسقط الأول).



الشكل (4): مسقط مبنى المخابر

السطح الكلي للطابق (TS) : TS =13.24x36.5 =~483 m^2

السطح المفيد US: وهو يتوجب حساب:

- المساحة المشغولة بالجدران الخارجية : 0.3x(36.5x2+(13.24-2x0.3)x2) =29.5 m^2

- المساحة المشغولة بالقواطع الداخلية تساوي $10m^2$ ،
- المساحة المشغولة بالأعمدة تساوي $0.08x15 = 1.2\ m^2$ ،
- المساحة المشغولة بالممرات تساوي $1.5x(36.5-5.4x2)=38.6m2$ ،
- المساحة المشغولة بالأدراج تساوي $2x19=38\ m2$ ،
- مساحة وسطية لبيت المصعد تساوي 5m2 ولبيت مصعد البضائع تساوي 4.68m2،
- مساحة وسطية للمكان المشغول بالتمديدات الصحية والكهربائية والهاتف تساوي 12m2 ،

فيكون السطح المفيد $US = 483 –(29.5+10+1.2+38.6+38+5+4.68+12) =344m^2$

معامل المحيط β : $\beta= (36.5+13.24)x2/483 = 0.206$

المردود : $344/483 = 0.71$ ، وباستخدام الجدول (1) وبإجراء توسط داخلي للقيم المؤشرة بلون غامق في هذا الجدول نحصل على نفس النتائج.

تقييم تأثير الغلاف الجانبي (الواجهة) على الكلفة:

تتغير كلفة الغلاف الجانبي للمبنى تبعاً لطبيعة مواد البناء المستخدمة في تشييد هذا الغلاف، وكذلك تبعاً للمساحة الجانبية للمبنى. ومن أشهر مواد البناء المستخدمة في تشييد الغلاف الخارجي في المنطقة الوسطى : البلوك الأسمنتي، الحجر، الليسة مع الرشة بالإضافة إلى مكونات النوافذ. علما أن النسبة المئوية لمساحة النوافذ في الواجهة يتم تحديدها عادة بشكل مسبق، بحسب كل منطقة [1].

لقد اعتمد في هذه الدراسة نوعان من الواجهات الدارجة في المنطقة الوسطى، تبعا للمواد المستخدمة في البناء وهي:

1- واجهة من البلوك مع ليسة ونوافذ ألمنيوم مع بلّور عادي،

2- واجهة من البلوك مع تلبيس حجر حموي أو ما يعادله ونوافذ ألمنيوم مع بلّور عادي،

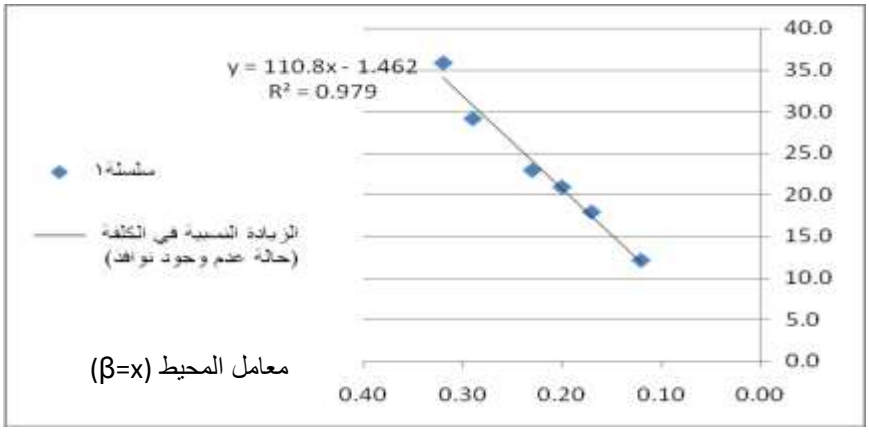
ولتقييم تأثير الواجهة على كلفة المبنى، تم إجراء استبيان على عدد من المباني، وقد تمت معالجة نتائج هذا الاستبيان وذلك بحساب الكلفة الوسطية لشريحة من الواجهة بعرض 1m وبارتفاع يساوي ارتفاع الطابق، ومن ثم تحديد الزيادة النسبية في كلفة $1m^2$ من مساحة المبنى بسبب تلك الواجهة.

بفرض أن: β: معامل المحيط، C_1: كلفة إنشاء $1m^2$ من البلاطة دون اعتبار الواجهة، A: مساحة المقطع m^2، P: محيط المقطع m، h: ارتفاع الطابق m، C_2: كلفة وسطية لإنشاء $1m^2$ من الواجهة، C_0: الكلفة الإضافية على كلفة $1m^2$ من البلاطة بسبب الواجهة، α_1: الزيادة النسبية في كلفة $1m^2$ من البلاطة بسبب الواجهة، عندها يكون :

$$C_0= C_2.h.P/A= C_2.h.\beta \quad => \quad \alpha_1= C_0/ C_1= C_2.h.\beta / C_1$$

حسب العلاقة الأخيرة، يمكن حساب الزيادة النسبية في كلفة المتر المربع من البلاطة بسبب الواجهة، وذلك بتحديد كلفة شريحة مترية من الواجهة على كامل ارتفاع الطابق، ثم تقسيم هذه الكلفة على كلفة المتر المربع من البلاطة قبل اعتبار كلفة الواجهة، ومن ثم ضرب الناتج بمعامل المقطع. لقد تم تقسيم كلفة الواجهة على كلفة البلاطة، وبذلك حصلنا على زيادة نسبية في كلفة البلاطة بسبب الواجهة، وذلك لتفادي تأثير فروق الأسعار نظرا لاختلاف تاريخ تشييد المباني المدروسة.

الشكل (5) يظهر نتائج التحليل السابق لحالة الواجهة من النوع الأول في حالة عدم وجود نوافذ.



الزيادة النسبية المئوية في كلفة البلاطة بسبب الواجهة (α_1=y)

الشكل (5): الكلفة الإضافية على كلفة البلاطة بسبب الواجهة.

نلاحظ أن العلاقة التي تحدد الزيادة النسبية في كلفة البلاطة بسبب الواجهة تبعا لمعامل المحيط، هي علاقة خطية مع خطأ بسيط (لاحظ المؤشر R^2 قريب جدا من الواحد). وبشكل مماثل يمكن تحديد الزيادة النسبية المئوية في كلفة $1m^2$ من المسقط بسبب الواجهة وذلك تبعا لنسب مختلفة للنوافذ وكذلك لمعامل المحيط، هذه الزيادة النسبية المئوية تظهر في الجدولين (5) و(6).

الجدول (5) : زيادة الكلفة نسبيا بسبب الواجهة –حالة واجهة عادية من البلوك.

رقم العينة	مساحة المقطع m^2	محيط المقطع m	نسبة النوافذ في الواجهة%	معامل المحيط $m/m^2(\beta)$	الزيادة النسبية في كلفة $1m^2$ من المقطع % α_1	تابع الكلفة النسبية α_1	مؤشر الخطأ R^2
1	600	72	0	0.12	12.1	α_1=110.8*β -1.462	0.979
2	720	122	0	0.17	17.9		
3	555	111	0	0.2	20.9		
4	785	228	0	0.29	29.1		
5	1100	352	0	0.32	35.8		
6	2800	392	7	0.14	14.1	α_1=122.9*β -2.29	0.973
7	995	189	7	0.19	22.8		
8	845	211	7	0.25	27.2		
9	540	157	7	0.29	33.7		
10	1255	151	13	0.12	12.8	α_1=121.1*β -1.932	0.992
11	2900	435	13	0.15	16.5		
12	2554	587	13	0.23	24.8		
13	666	193	13	0.29	33.9		
14	452	63	21	0.14	15	α_1=112.5*β -0.086	0.993
15	879	132	21	0.15	17.6		
16	1354	271	21	0.2	22.8		
17	2100	483	21	0.23	25.1		
18	2050	656	21	0.32	36.1		

0.993	α_1=115.3*β +0.996	17.9	0.15	28	284	1890	19
		20.1	0.17	28	51	299	20
		24	0.19	28	188	988	21
		37.7	0.32	28	188	589	22
0.989	α_1=133.5*β -2.235	14.4	0.12	34	90	746	23
		15.7	0.14	34	231	1652	24
		21.2	0.17	34	253	1489	25
		27.2	0.23	34	532	2311	26
		37.2	0.29	34	172	593	27

الجدول (6): زيادة الكلفة نسبيا بسبب الواجهة –حالة واجهة بلوك ملبسة حجر.

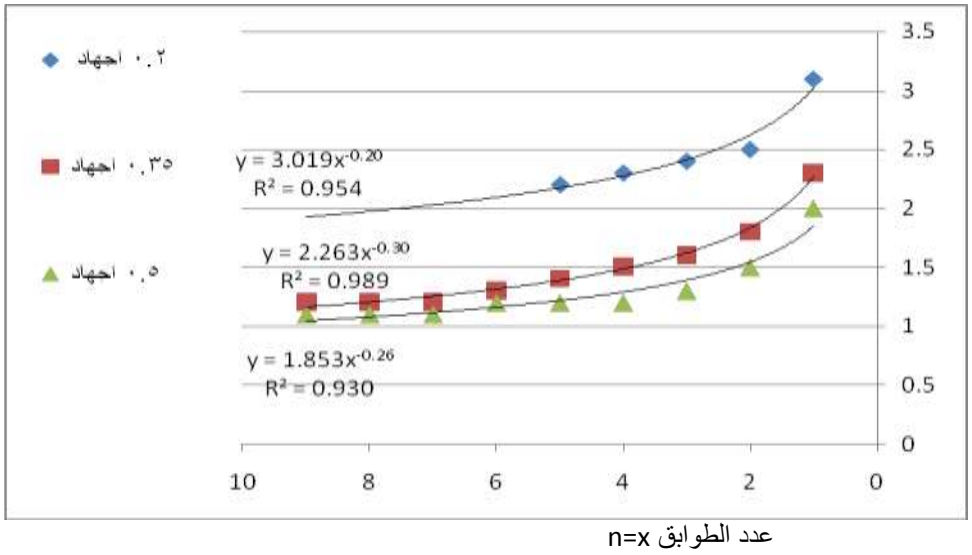
مؤشر الخطأ R^2	تابع الكلفة النسبية α_1	الزيادة النسبية في كلفة $1m^2$ من المقطع % α_1	معامل المحيط $m/m^2(\beta)$	نسبة النوافذ في الواجهة%	محيط المقطع m	مساحة المقطع m^2	رقم العينة
0.976	C=144.4*β -0.845	17.1	0.12	0	134	1120	1
		23.5	0.18	0	54	298	2
		28.6	0.21	0	119	566	3
		35.1	0.23	0	206	897	4
		39.7	0.29	0	348	1200	5
		45.9	0.32	0	789	2466	6
0.990	C=118.4*β +5.158	20.3	0.13	5	299	2300	7
		28.4	0.19	5	483	2541	8
		34.9	0.26	5	517	1987	9
		40.1	0.29	5	445	1533	10
0.991	C=140.1*β +1.344	17.2	0.12	12	133	1111	11
		23.1	0.15	12	90	599	12
		34.6	0.23	12	611	2658	13
		41.2	0.29	12	199	687	14
0.964	C=125.3*β +5.289	23.1	0.13	21	60	458	15
		23.6	0.15	21	145	966	16
		28.7	0.21	21	324	1542	17
		35.4	0.23	21	713	3100	18
		46	0.32	21	723	2258	19
0.996	C=140.4*β -2.126	23.8	0.15	29	223	1489	20
		26.6	0.18	29	126	699	21
		28.9	0.19	29	120	633	22
		47.2	0.32	29	188	589	23
0.976	C=144.2*β +2.060	17.6	0.12	34	54	451	24
		23.3	0.13	34	212	1632	25
		27.3	0.18	34	278	1542	26
		34.9	0.23	34	667	2899	27
		44.2	0.29	34	164	566	28

تقييم تأثير الأساسات على الكلفة :

لقد تمت دراسة تأثير نوعين من الأساسات على الكلفة، وهما الأكثر انتشارا : الأساسات المنفردة والحصيرة العامة. إن هذه الكلفة تتبع للإجهاد المسموح للتربة ولعدد الطوابق الكلي في حالة الأساسات المنفردة، كما يظهر في الشكل (6) و الجدول (7)، أما في حالة الحصيرة العامة فتتبع لعدد الطوابق وللتباعد الوسطي بين الأعمدة كما يظهر أيضا في الشكل (7) و الجدول (8).

الجدول (7): الزيادة النسبية المئوية (α_2) في كلفة المتر الربع من المبنى بسبب الأساسات المنفردة

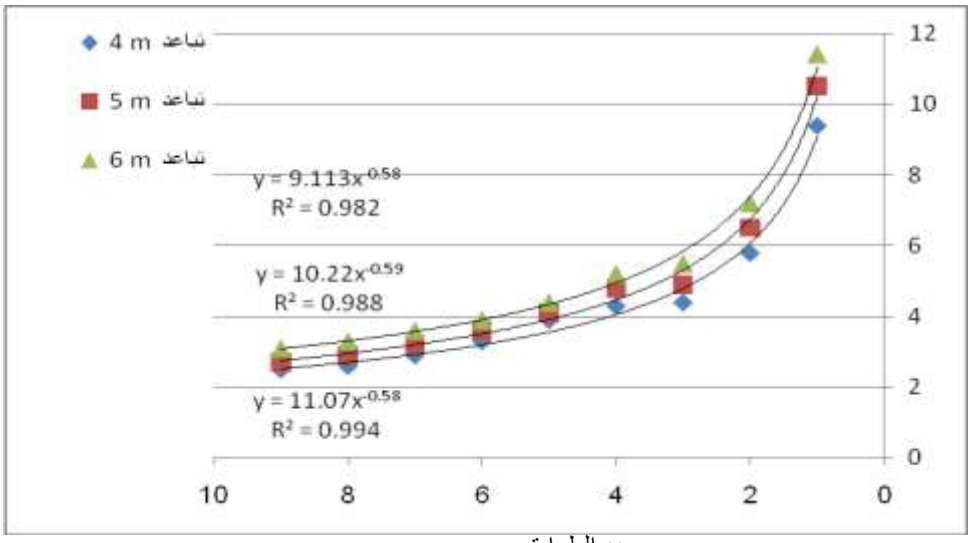
الإجهاد المسموح للتربة (Mpa)	عدد الطوابق الكلي								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.2	3.1	2.5	2.4	2.3	2.2				
0.35	2.3	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2
0.5	2.0	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1



الشكل (6): مخطط الزيادة النسبية في كلفة المتر الربع من المبنى (α_2) بسبب الأساسات المنفردة

الجدول (8): الزيادة النسبية المئوية في كلفة المتر الربع من المبنى (α_2) بسبب الحصيرة العامة

التباعد الوسطي بين الأعمدة (m)	عدد الطوابق الكلي								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	9.4	5.8	4.4	4.3	3.9	3.3	2.9	2.6	2.5
5	10.5	6.5	4.9	4.8	4.1	3.6	3.2	2.9	2.7
6	11.4	7.2	5.5	5.2	4.4	3.9	3.6	3.3	3.1



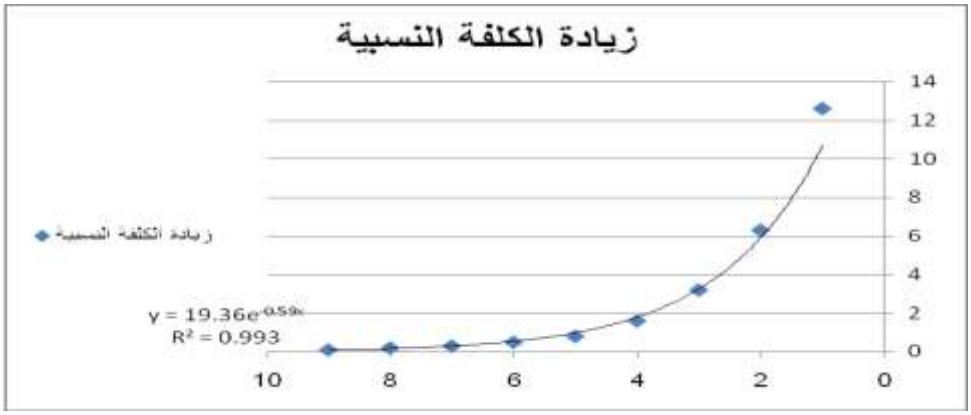
الشكل (7): الزيادة النسبية في كلفة المتر الربع من المبنى (α_2) بسبب الحصيرة العامة.

تقييم تأثير السطح الأخير على الكلفة :

تتمثل أعمال السطح الأخير بطبقات العزل وبيتون الميول بالإضافة إلى التصوينة، إنّ أغلب النماذج المدروسة تعتمد رقائق البيتومين كمادة للعزل، وارتفاع التصوينة العلوية فيها يساوي متراً واحداً تقريبا، وبناء عليه، الجدول (9) والمخطط (8) يعطيان الزيادة النسبية في كلفة المتر الربع من المبنى (α_3) والناتجة عن ملحقات السطح تبعاً لعدد الطوابق.

الجدول (9): الزيادة النسبية المئوية في كلفة المتر الربع من المبنى (α_3) بسبب ملحقات السطح العلوي.

عدد الطوابق	1	2	3	4	5	6	7	8	9
زيادة الكلفة النسبية	12.6	6.3	3.2	1.6	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1



الشكل (8) :مخطط الزيادة النسبية المئوية في كلفة المتر الربع من المبنى (α_3) بسبب ملحقات السطح العلوي

مثال: حدد البديل المعماري الذي يعطي المردود الاقتصادي الأفضل لمبنى المخابر في كلية الهندسة البتروكيميائية السابق، وفق المعطيات الإضافية التالية:

نسبة النوافذ في الواجهة تساوي 20%، الواجهة ملبسة حجر، النوافذ من الألمنيوم مع بلّور عادي، الأرض لا تسمح باستخدام مبنى بأبعاد تزيد عن 45m، مقاومة التربة 0.2Mpa .

بناء على هذه المعطيات وبالاستئناس بالجداول (1-2-3-4) السابقة تكون البدائل المعمارية الممكنة مبينة بالجدول (10) وذلك على اعتبار أن نوع الواجهة هو النوع الثاني.

الجدول (10): المعطيات المعمارية للبدائل الممكنة للمبنى المدروس.

رقم الحل	الشكل المعماري	عدد الطوابق	الطول (m)	العرض(m)	المساحة الكلية(m2)	السطح المفيد(m2)	β
1	1	6	38	13.24	3024	2190	0.204
2	2	4	37	19.88	2944	2148	0.157
3	2	5	30	19.88	2980	2130	0.167
4	3	2	40	40	2800	2096	0.151
5	4	4	40	30	3008	2188	0.186

وباعتماد نوعي الأساسات (المنفردة والحصيرة) يكون لدينا الحلول الموضحة بالجدول (11).

الجدول (11): المعطيات المعمارية للبدائل الممكنة للمبنى المدروس مع مراعاة نوع الأساسات.

رقم الحل	الأساسات	S	α1	α2	α3	السعر المصعد	كلفة الإنشاء	سعر البيع	مؤشر الربح
1	منفردة								
1	حصيرة	S	30.7%	3.75%	0.5%	1.35x**S**	4082x**S**	4380x **S**	1.073
2	منفردة	S	24.8%	2.3%	1.6%	1.29 x**S**	3798x**S**	4296x **S**	1.131
2	حصيرة	S	24.8%	5.0%	1.6%	1.31 x**S**	3857x**S**	4296x **S**	1.114
3	منفردة	S	26%	2.2%	0.8%	1.29 x**S**	3844x**S**	4260x **S**	1.108
3	حصيرة	S	26%	4.25%	0.8%	1.31 x**S**	3904x**S**	4260x **S**	1.091
4	منفردة	S	24%	2.5%	6.3%	1.33 x**S**	3724x**S**	4192x **S**	1.126
4	حصيرة	S	24%	6.85%	6.3%	1.37 x**S**	3836x**S**	4192x **S**	1.093
5	منفردة	S	28.5%	2.3%	1.6%	1.32 x**S**	3971x**S**	4376x **S**	1.102
5	حصيرة	S	28.5%	5.0%	1.6%	1.35 x**S**	4061x**S**	4376x **S**	1.078

في الجدول (11) تم اعتبار كلفة المتر المربع من المسقط دون تصعيد يساوي (**S**) ليرة سورية، α1 الزيادة النسبية بسعر المتر المربع بسبب الواجهة من الجدول (6)، α2 الزيادة النسبية بسعر المتر المربع بسبب الأساسات من الجداول (7 و8)، α3 الزيادة النسبية بسعر المتر المربع بسبب السطح من الجدول (9).

إنّ كلفة الإنشاء تساوي السعر المصعد أي **Sx(1+α1+ α2+ α3)** مضروبا بالمساحة الكلية للمبنى، وبالنسبة لسعر البيع فيساوي السطح المفيد مضروبا بسعر بيع المتر المربع، والمفروض **2.S**، وبالنتيجة مؤشر الربح يساوي نسبة سعر البيع إلى كلفة الإنشاء.

نلاحظ أن الحل الأول رفض، لأنه غير ممكن مع وجود أساسات منفردة، كما نلاحظ بأنّ الحل الثاني، الذي يمثل الشكل المعماري الثاني بأربعة طوابق وبعرض 37m و بأساسات منفردة، هو أفضل حل لأنه يعطي أكبر قيمة لمؤشر الربح، كما أن أسوأ حل هو الحل الأول بحصيرة عامة، وهو الحل المنفذ على أرض الواقع.

الاستنتاجات والتوصيات:

- نلاحظ أن مردود المسقط المعماري (نسبة السطح المفيد إلى السطح الكلي) يختلف من شكل لآخر، فأعلى قيمة لهذا المردود تساوي 81%، حيث تعود هذه القيمة للمسقط المربع الذي يتخلله منور وسطي (وهو المسقط الثالث من الشكل 3) وأقل قيمة لهذا المردود تساوي 61%، حيث تعود هذه القيمة للمسقط المستطيل الذي يحوي ممراً وسطياً واحداً (وهو المسقط الأول من الشكل 2)، إذن المسقط المعماري الثالث يعطي أقل هدر ممكن في المساحات المعمارية مقارنة مع المساقط الأربعة المعتمدة في الدراسة.
- زيادة كلفة إنشاء المتر المربع من المبنى بسبب الواجهة تتراوح عموما ما بين 12% و 47% تقريبا، وهي قيمة لا يستهان بها، ولذلك يجب اختيار المعطيات المعمارية بعناية، وبحيث تحقق المطلوب وتقلل ما أمكن من كلفة الواجهة،
- إن كلفة الواجهة تتأثر بشكل كبير بشكل المسقط، وكلما ازداد محيط المسقط ازدادت مساحة الواجهة وبالتالي كلفتها، كما نلاحظ أنّ الشكل الثالث هو أفضلها (كون الشكل له أدنى قيمة لمعامل المحيط β)، ولذلك ننصح باستخدامه إذا سمحت الأرض بذلك، وإلا فينصح بالشكل الثاني.
- إن كلفة الأساسات المنفردة تتراوح بين 1% و3% تقريبا من كلفة المتر المربع من البناء في حين أن كلفة الحصيرة العامة تتراوح ما بين 2.5% و11% تقريباً.
- نلاحظ أنّ كلفة الحصيرة أكبر من كلفة الأساسات المنفردة لنفس المبنى، بعبارة أخرى لا ينصح باستخدام الحصيرة (من وجهة نظر اقتصادية) إذا كانت الأساسات المنفردة ممكنة فنياً.
- بشكل عام تقل كلفة الأساسات مع ازدياد عدد الطوابق، و بالنسبة لمبنى ذي مساحة كلية ثابتة في صغر مقطعه الأفقي وازدياد ارتفاعه يقل تأثير الأساسات على كلفة المبنى.
- تتناسب كلفة المتر المربع من البناء، نتيجة تأثير لوازم السطح الأخير عكساً مع عدد الطوابق.

المراجع:

1. خزام، هويدا، *أثر الأشعة الشمسية في شكل وفتحات المباني السكنية*، مجلة جامعة البعث–العلوم الهندسية، المجلد (26)، 2004، 252–283 .

2. اليوسفي، عبد العزيز، *الهندسة القيمية – المفهوم والأسلوب*، الرياض ، 1992.

3- AUSTIN,S.; NEWTON, A.; STEELE, J. et WESKETT, P. *Modelling and managing project complexity*. International Journal of Project Management, vol. 20, 2002, 191-198.

4- BELLUT, S. *estimer le coût d'un projet.* AFNOR, Paris, 1995,260.

5- DIDIER, D.; LE BRUZIDEC, M.; NATAF, P. *Précis de bâtiment*. AFNOR,Paris, 1991, 190.

6- FRICKE, G. *Successful approaches in dealing with differently precise design problems*. Design Studies, vol. 20, 1999, 417-429.

7- MORO, M. *Programmation des bâtiments*. Eyrolles,Paris, 2000, 430.

8- MORO, M. *la conception globale de bâtiment*. Documents internes del'UCANSS, Paris, 2002, 150.

9- TURNER, J. R. *Five necessary conditions for project success*. International Journal of project management, Vol. 22, 2004, 349-350.