

علم إخلاء المباني: من الامتثال للقواعد إلى هندسة النجاة

منهجية علمية حديثة لتصميم خطط إخلاء آمنة وفعالة

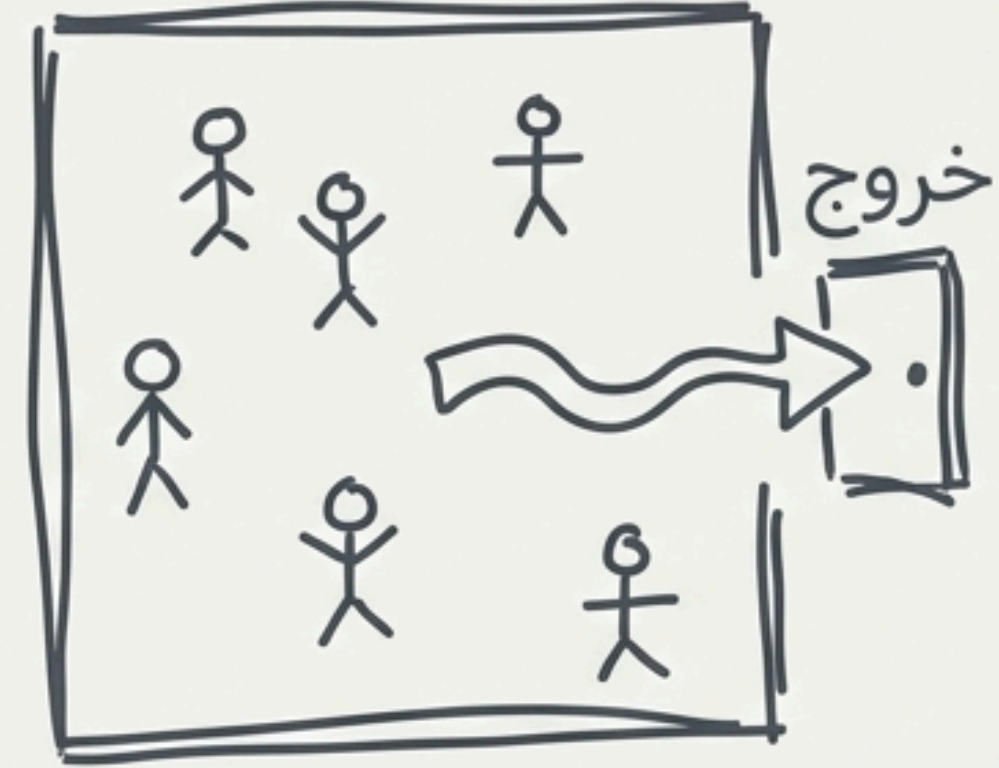


Tamer Sharakyi

International Safety Consultant | Master Trainer | Accident Investigation Expert

Ph.D. | MBA | CSM | NFPA Member | IAEM Member | IMarEST Affiliate

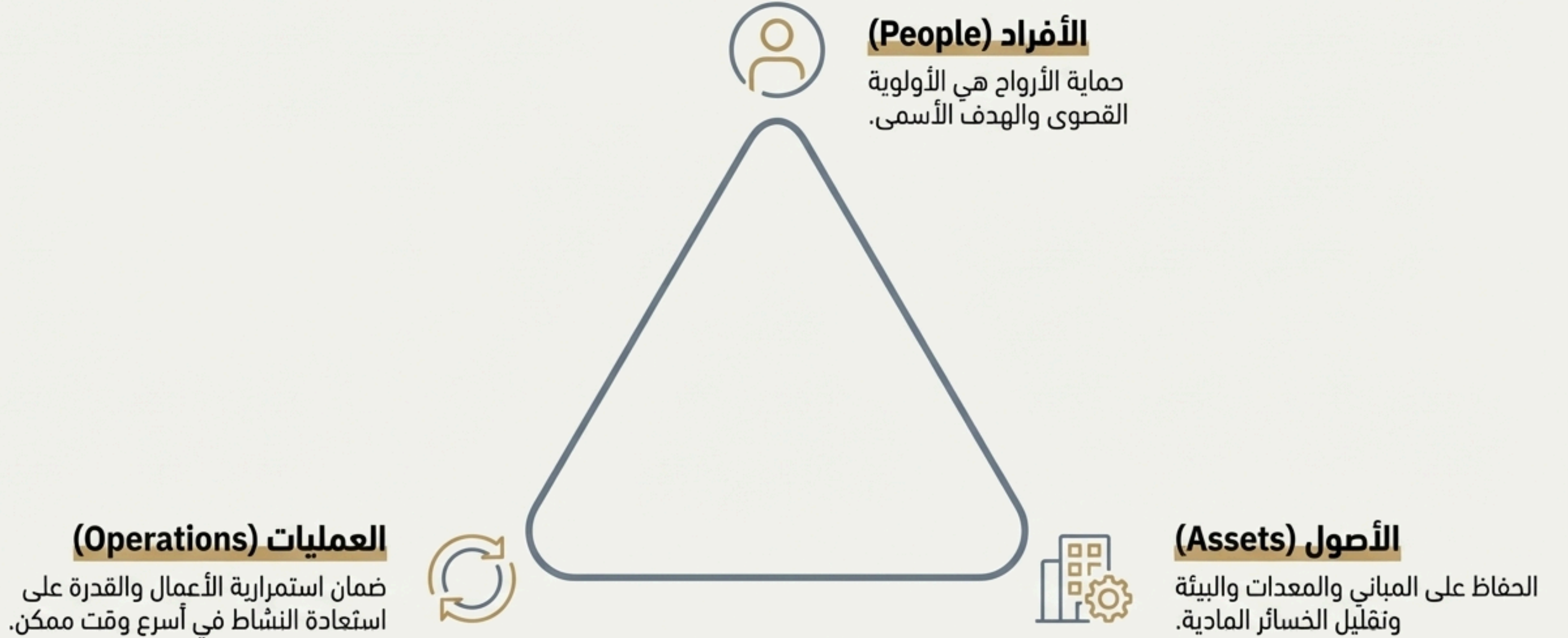
مفارقة الإخلاء: صروح معمارية عظيمة وقواعد نجاة بالغة البساطة



- نبنى اليوم منشآت معقدة وناطحات سحاب شاهقة بتقنيات هندسية متطورة.
- لكن، عندما يتعلق الأمر بإنقاذ الأرواح، غالبًا ما نعتمد على قواعد امتثال تقليدية ومبسطة، تفترض أن السلوك البشري يمكن التنبؤ به بسهولة.
- هذه الفجوة بين التطور التكنولوجي للمباني والفهم العلمي لسلوك الإخلاء هي "**مفارقة الإخلاء**" التي تهدد سلامة شاغلي المباني.

ما الذي نسعى لحمايته؟ مثلث النجاة للمؤسسة

الهدف من التخطيط للطوارئ يتجاوز مجرد إخراج الناس من المبنى. إنه يهدف إلى حماية ثلاثة أصول حيوية تشكل "مثلث النجاة" لأي منشأة.



نقلة نوعية في التفكير: من نهج "الامتثال" إلى نهج "الأداء"

تتطلب مواجهة "مفارقة الإخلاء" تغييرًا جذريًا في كيفية تعاملنا مع تصميم خطط الطوارئ.

النهج التقليدي (قائم على الامتثال)

هل نتبع القواعد؟

- يركز على استيفاء الحد الأدنى من متطلبات الكود (مثل عرض الممرات، عدد المخارج).
- يفترض أن جميع شاغلي المبنى سيبدأون الإخلاء فورًا وبشكل متزامن.
- يستخدم حسابات "هيدروليكية" مبسطة لا تعكس التعقيدات الواقعية.

النتيجة: تصميم قد يكون "متوافقًا" مع الكود، ولكنه غير فعال في سيناريو حقيقي.

النهج الحديث (قائم على الأداء)

هل التصميم فعال حقًا؟

- يركز على تحقيق أهداف سلامة محددة (إخلاء الجميع قبل وصول الخطر).
- يعتمد على فهم علمي لسلوك البشري، والمخاطر المحددة، وديناميكيات الحريق.
- يستخدم النمذجة والمحاكاة المتقدمة لتقييم أداء المبنى في سيناريوهات مختلفة.

النتيجة: تصميم آمن ومُحسَّن اقتصاديًا يلبي احتياجات المبنى الفعلية.

المعادلة الأساسية للنجاة: سباق ضد الزمن

في جوهره، يعتمد نجاح أي عملية إخلاء على الفوز في سباق ضد الزمن. يمكن التعبير عن هذا السباق بمعادلة علمية بسيطة لكنها حاسمة:

$$ASET > RSET$$

ASET

(الوقت المتاح للإخلاء الآمن - Available Safe Egress Time):
هو الفترة الزمنية بين بدء الحادث (مثل اندلاع حريق)
ووصول الظروف في أحد مسارات الهروب إلى مستوى
مستوى حرج وغير محتمل للبشر (مثل وصول الدخان لارتفاع
معين، أو ارتفاع درجة الحرارة).



RSET

(الوقت المطلوب للإخلاء الآمن - Required Safe Egress Time):
هو الوقت الذي يحتاجه آخر شخص في المبنى للوصول إلى
بر الأمان.



الخلاصة: يجب أن يكون تصميمنا وإجراءاتنا قادرة دائمًا على ضمان أن الوقت الذي نحتاجه (RSET) أقل من الوقت المتاح لنا (ASET).

تشرح الوقت المطلوب للإخلاء (RSET)

لا يبدأ وقت الإخلاء المطلوب عند انطلاق الإنذار فحسب، بل هو مجموع عدة مراحل زمنية متتالية. فهم هذه المراحل هو مفتاح تقليصها.

$$RSET = [t_{\text{detection}}] + [t_{\text{alarm}}] + [t_{\text{pre-movement}}] + [t_{\text{travel}}]$$

1. $t_{\text{detection}}$ (زمن الكشف): الوقت من بداية الحريق حتى اكتشافه (بواسطة كاشف أو شخص).
2. t_{alarm} (زمن الإنذار): الوقت من الكشف حتى إطلاق إنذار عام لشاغلي المبنى.
3. $t_{\text{pre-movement}}$ (زمن ما قبل الحركة): الوقت من سماع الإنذار حتى بدء أول حركة فعلية نحو المخرج. (هذه هي المرحلة الأكثر أهمية وتغيراً).
4. t_{travel} (زمن الحركة): الوقت الفعلي المستغرق في التحرك عبر مسارات الهروب إلى بر الأمان.

الفجوة الخفية: العامل البشري هو المتغير الأكبر

غالبًا ما تفشل النماذج التقليدية لأنها تتجاهل أكبر مكون في معادلة الإخلاء وأكثرها تعقيدًا: "زمن ما قبل الحركة". البشر لا يستجيبون كآلات.

” أظهرت الدراسات أن ما يصل إلى ثلثي إجمالي وقت الإخلاء قد يُستغرق في مرحلة ما قبل الحركة، أي *قبل* أن يبدأ الناس بالتحرك فعليًا نحو المخارج. المخارج.

(المصدر:

Sime's study, referenced in Shen)

لماذا يتأخر الناس في التحرك؟ (السلوكيات خلال زمن ما قبل الحركة):

- التحقق (Recognition & Validation): "هل هذا إنذار حقيقي أم تدريب؟"
- جمع المعلومات (Information Seeking): البحث عن مصدر الخطر أو النظر في الممرات.
- الانتماء الاجتماعي (Affiliation): البحث عن أفراد العائلة أو الزملاء قبل المغادرة.
- الالتزام بالدور (Commitment & Role): محاولة إكمال مهمة حالية، جمع المتعلقات الشخصية، أو مساعدة الآخرين.

النتيجة: هذه الفجوة الزمنية هي التحدي الهندسي الحقيقي الذي يجب إدارته.

مساران نحو الأمان: كيف نحل معادلة النجاة؟

لإغلاق الفجوة بين ASET و RSET، وخاصة تقليل "زمن ما قبل الحركة"، يركز العلم الحديث على استراتيجيتين متكاملتين. لا يوجد حل واحد يناسب الجميع، بل هو مزيج من نهجين:

ASET > RSET

المسار الأول: نهج الشخص
(The Person Approach)



المبدأ: تكييف البيئة المبنية لتتوافق مع السلوك البشري المتوقع وتسهيل عملية الإخلاء التلقائية.

السؤال الجوهرى: كيف نجعل المبنى "مفهومًا" و"سهل الاستخدام" في حالات الطوارئ؟

المسار الثاني: نهج النظام
(The System Approach)



المبدأ: التحكم في السلوك البشري وتوجيهه لتحقيق أفضل استخدام ممكن للمبنى ووسائل الهروب المتاحة.

السؤال الجوهرى: كيف ندرب ونوجه شاغلي المبنى للتصرف بالشكل الأمثل؟

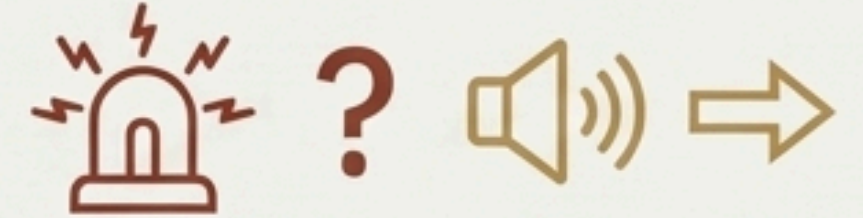
المسار الأول - نهج الشخص: تصميم يراعي الطبيعة البشرية

يركز هذا النهج على جعل الاستجابة الصحيحة هي الاستجابة الأسهل والأكثر بديهية. يتم ذلك من خلال تصميم البيئة لتسهيل الإخلاء التلقائي.

التطبيقات العملية:

أنظمة الإنذار الفعالة (Effective Alarms):

أثبتت الدراسات أن الإنذارات الصوتية المسجلة برسائل واضحة وموجزة (Voice Alarms) أكثر فعالية بكثير من الصافرات التقليدية في تقليل زمن الاستجابة. (المصدر: Purser & Bensilum)



التصميم الهندسي البديهي (Intuitive Design):

فهم سلوكيات مثل "نموذج الانتماء" (Affiliation Model)، حيث يميل الناس للتوجه نحو المخارج المألوفة (مثل المدخل الرئيسي) حتى لو كانت أبعد. يجب أن تكون مخارج الطوارئ واضحة ومرئية وجذابة.



اللافتات الإرشادية الذكية (Smart Signage):

يجب أن تكون اللافتات واضحة، ومضاءة جيدًا، وموضوعة في نقاط اتخاذ القرار الحرجة (التقاطعات). الأنظمة الحديثة يمكن أن تكون ديناميكية لتوجيه الناس بعيدًا عن الخطر.



تقليل العوائق المعرفية:

أظهرت الأبحاث أن المسارات التي تحتوي على العديد من المنعطفات تبدو أطول ذهنيًا. التصميمات المسارات الواضحة والمستقيمة تعزز الثقة وسرعة الحركة. (المصدر: Sadalla et al.)



المسار الثاني - نهج النظام: هندسة السلوك الجماعي

عندما لا يكون التصميم وحده كافياً، يركز هذا النهج على توجيه سلوك شاغلي المبنى من خلال خطط وإجراءات وتدريب فعال.

التطبيقات العملية:

خطط الإخلاء الواضحة والمُدرَّب عليها:

يجب ألا تكون الخطط مجرد وثائق، بل إجراءات حية يتم التدرَّب عليها بانتظام. التدريب يقلل من زمن ما تر زمن ما قبل الحركة عن طريق بناء الألفة والثقة.

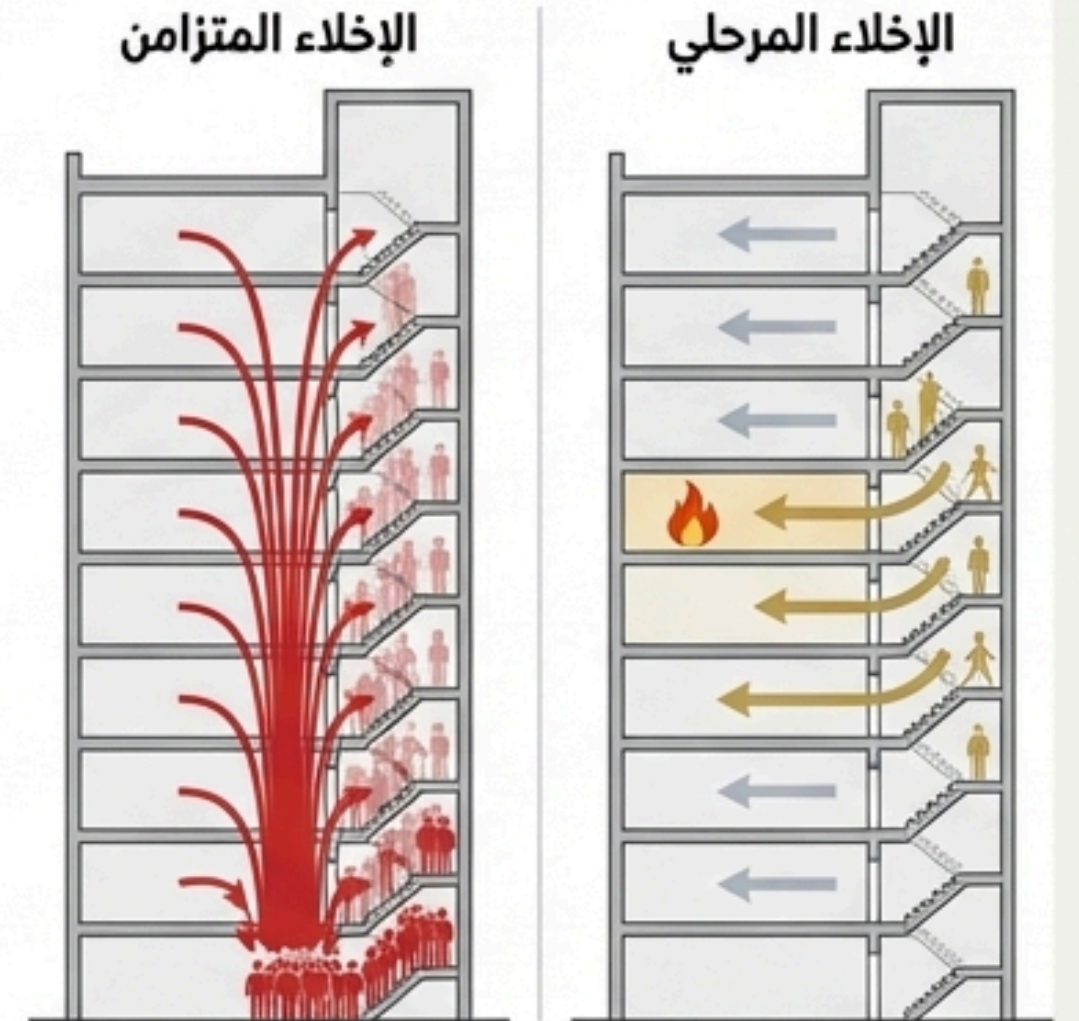
تحديد الأدوار والمسؤوليات:

وجود فرق مدربة (فرق إطفاء، إنقواد، إخلاء) يمنع العشوائية ويضمن استجابة منظمة.

استراتيجيات الإخلاء المتقدمة: الإخلاء المرحلي (Phased) Evacuation)

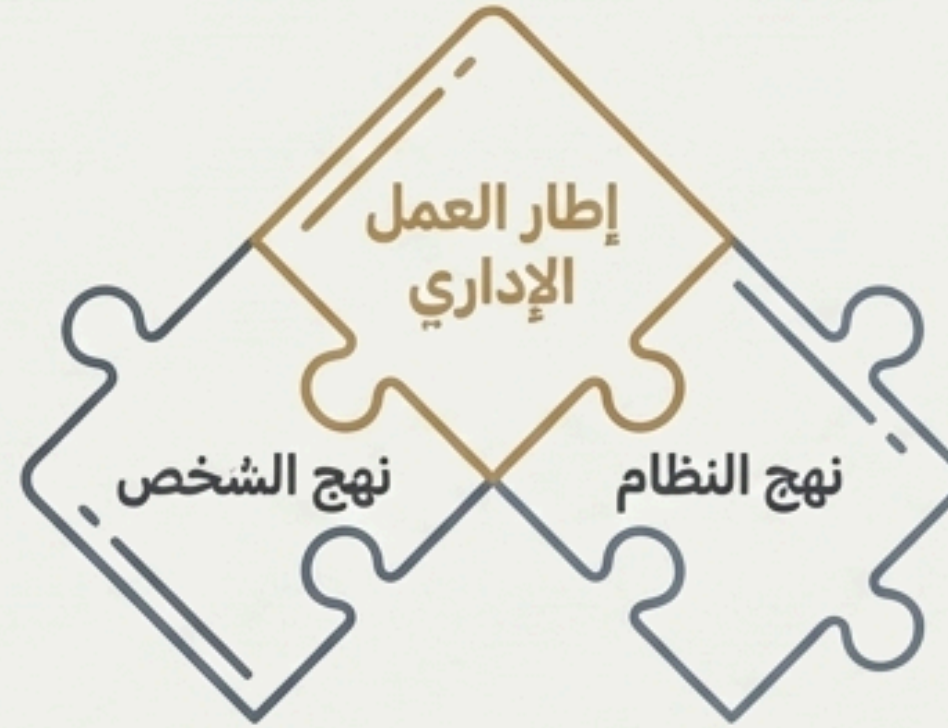
بدلاً من الإخلاء الشامل والمتزامن الذي قد يسبب اختناقات خطيرة في المباني الشاهقة، يمكن إخلاء طابق الحريق والطوابق المجاورة له أولاً. هذا النهج يقلل الضغط على السلالم ويسمح بإخلاء أكثر أماناً وتنظيماً، لكنه يتطلب نظام إنذار متطور وتصميماً عالي الجودة للفصل بين الطوابق.

(المصدر: van de Leur)



من النظرية إلى التطبيق: بناء نظام متكامل لإدارة الإخلاء

الجمع بين "نهج الشخص" و"نهج النظام" يتطلب أكثر من مجرد قائمة إجراءات. إنه يتطلب نظام إدارة شامل ومستمر يضمن تحديد المخاطر، والسيطرة عليها، والتحسين المستمر.



المكونات الأساسية للنظام:

1. منهجية راسخة لإدارة المخاطر: إطار عمل لتحديد وتقييم والسيطرة على مخاطر الإخلاء.
2. هرمية واضحة لتدابير التحكم: أداة لتحديد أولويات الحلول الأكثر فعالية.
3. دورة للتحسين المستمر: آلية لضمان أن النظام يظل فعالاً ومحدثاً.

تحديد النظام والسياق
(Understanding the system and context)

تحديد الأخطار (Hazard Identification)
(What can go wrong?)

تحليل المخاطر (Risk Analysis)
(Likelihood and consequence?)

تقييم المخاطر (Risk Evaluation)
(Is the risk acceptable?)

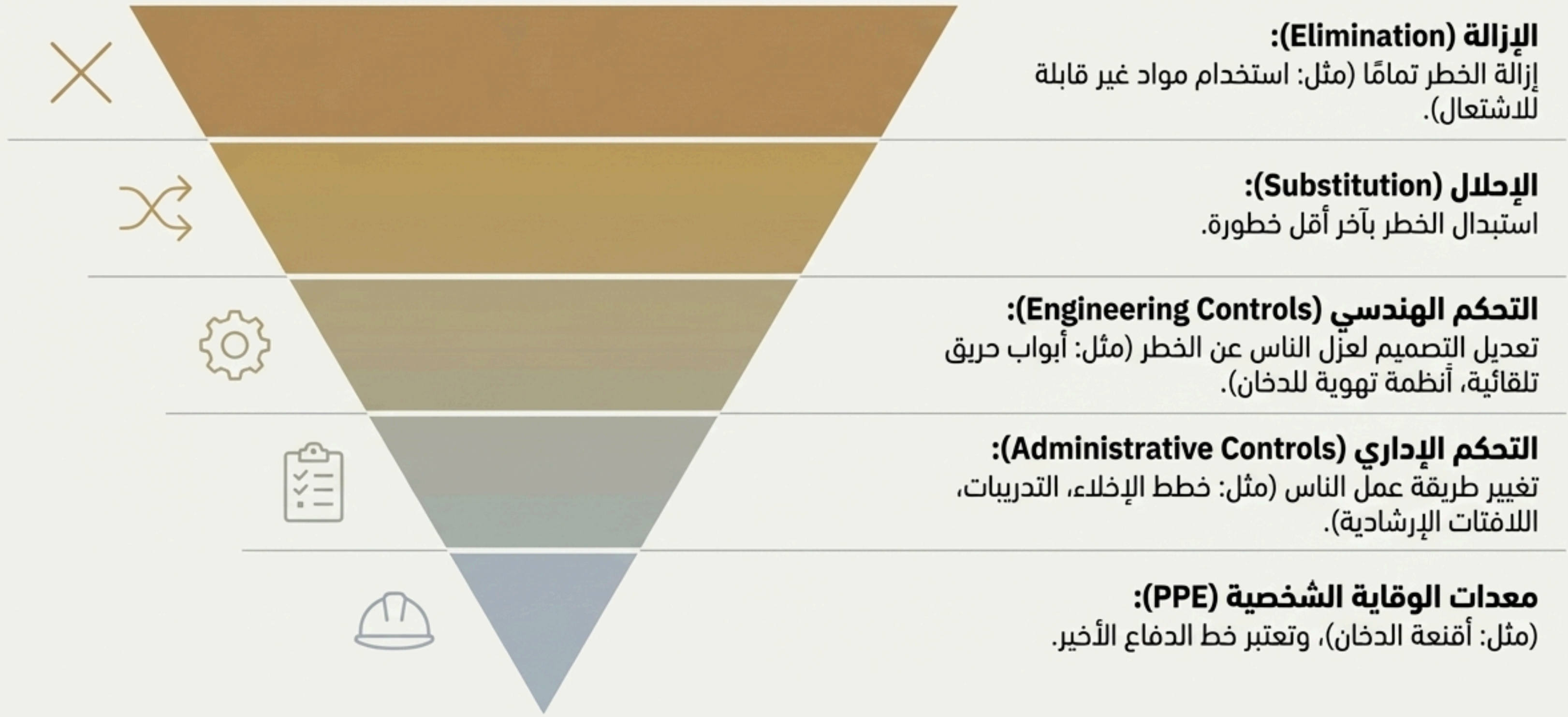
ضبط المخاطر (Risk Control)
(What measures will we take?)

المراقبة والمراجعة
(Continuous monitoring and review)



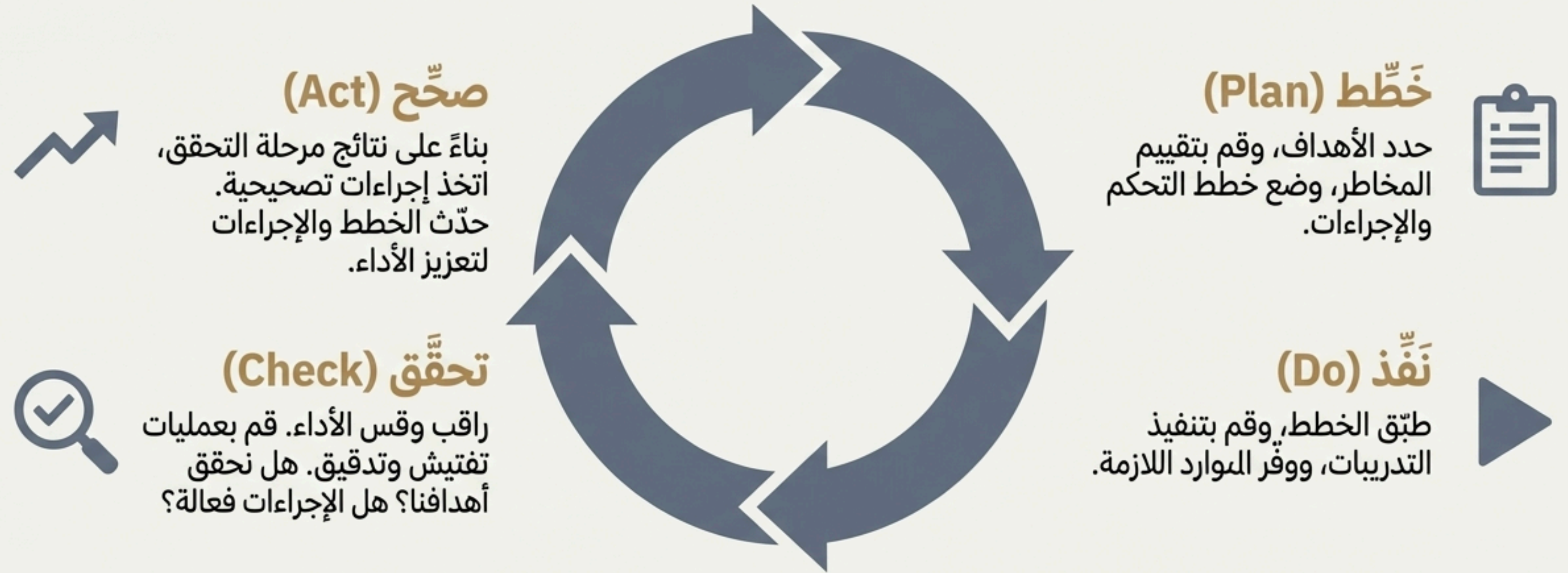
أداة التحكم: هرمية السيطرة على المخاطر

عند اختيار تدابير التحكم، يجب أن نتبع تسلسلاً هرمياً يبدأ بالحلول الأكثر فاعلية واستدامة وينتهي بالأقل فاعلية. الاعتماد فقط على أدوات الوقاية الشخصية هو الخيار الأخير.



محرك التحسين المستمر: دورة (خطط - نفذ - تحقق - صحح)

لضمان عدم تحول خطط السلامة إلى مجرد وثائق مهمة، يجب تبني عملية إدارية ديناميكية تضمن المراجعة والتحسين المستمر.
(المصدر: المعيار الوطني الإماراتي AE/SCNS/NCEMA 6000:2016)




الرسالة: السلامة ليست وجهة نصل إليها، بل هي رحلة مستمرة من التحسين.

التفويض الجديد: من الامتثال السلبي إلى هندسة السلامة الاستباقية

لم يعد كافيًا أن نسأل "هل نحن ممثّلون للكود؟"، بل يجب أن نسأل "هل تصميمنا آمن حقًا؟". الانتقال إلى النهج القائم على الأداء ليس مجرد خيار يار، بل هو ضرورة لحماية أغلى أصولنا: الأرواح البشرية.

الخلاصة:

 **افهم المعادلة:** $ASET > RSET$ هي بوصلتك.

 **أدر السلوك:** استخدم نهج الشخص والنظام لمعالجة فجوة ما قبل الحركة.

 **ابن نظامًا:** طبّق إدارة المخاطر، هرمية السيطرة، ودورة PDCA لضمان التحسين المستمر.
