الأَسَاسِيَّاتُ
فِي عِلْمِ اخْتِبَارِ البَرمَجِيَّاتِ

(المستوى التأسيسي) النسخة ٠.٤

المرجع العربي الأول المتخصص في مفاهيم اختبار البرمجيات

جهدٌ وقفيّ، لمحتوى الشهادة المقدَّمة من (مجلس اختبار البرمجيات التأهيلي الدولي®)

الطبعة الأولى

للكاتب/ م. عبدالله بندر الشِهري.

رِسَالَةٌ مِنَ الْمُتَرْجِمِ

بسم الله الذي علم بالقلم علم الإنسان مالم يعلم، والصلاة والسلام على خير من نادى على التفقه والتدبر والتفكر والتعلم. بسم الله الذي أنار لنا دروب المعرفة، وفضلنا بالعقل والبيان، والصلاة والسلام على من أوتي جوامع الكلم، وهدانا إلى سبل العلم والرشاد، أما بعد.

يقول الشاعر الأمير عبدالرحمن بن مساعد:

اصْعَد بِعَزْمِكَ إنَّ المَجْدَ مُتَّصِلُ وهل تَمَلُّ صُعُودًا أيُّها البَطَلُ

أنتَ المُفَكِّرُ قَدْ نادَتْكَ نَهْضَتُنا أنتَ المُجَدِّدُ والمأمولُ والأَمَلُ

أنتَ المُظَفَّرُ لا تُثنيكَ مُعْضِلَةٌ أعداءُ هِمَّتِكَ التَّقْصيرُ والكَسَلُ

وقال شيخ المُترجِمين محمد عناني آنذاك: **(إن النهضة الحالية في الترجمة على امتداد الوطن العربي أمر يُثلج الصدر، ولكن ترجمة المصطلح شيء آخر، لا يجب أن يُترك للمبتدئين، وأنا أفعل ما في وسعي، ولكن الصوت الواحد يجب أن تصاحبه أصوات أخرى.)**.

أعلم أهمية ومسؤولية ما أنا مُقدمٌ عليه، وقد جاهدت نفسي بأن أضع به جُلَّ معرفتي وقدرًا مفروغًا من وقتي. وأعلم أني قليل الخبرة والدربة باللغة العربية، ونحوها، وصرفها، وبلاغتها، والترجمة، والتعريب. ولكن، وإن لم يقم مقامي هذا البسطاء ممن مثلي وتهيبناه ووارياه، فلن نصل إلى الهدف. فكيف السبيل؟

خلصُتُ بعد تفكير وتردد، أنه ليس من الحكمة ولا من العقل في أمرٍ جلل، انتظار التفاتةَ من قد لا يلتفت. ولو لم ننجح، فلنا أجرٌ بالاجتهاد وحده.

إن العقل والإدراك العربي بُني على أن العربية هي مفتاحه للدنيا - وأي مفتاحٍ ملَكَ هذا العربي -، وأنه لا يمكن لأي لغة تأتي بعدها بأن تتفوق عليها، وذلك لسبقِها، فضلًا عن رجاحتها. إن اللغة الأم كالأم، لا تبدَّل، ولا يُحَل محلها، ولو تماثلت

الأفعال. إني أرى الأمم المتقدمة بنواحي التعليم وغيرها، تدرِّس لغتها في جامعاتها ومدارسها، ولا تتخلى عنها مهما كان الثمن. وذلك ليس فقط لإيمانها وحبها، ولا لسهولتها على طلابها، ولا لوطنيَّة شبانها، ولا لرجعية شعبها، ولا لتفرض سطوتها، ولا لتسجل بها حضورًا علميًا، ولا لخوفها على مخزونها الثقافي واللغوي الإنحسار، بل لأن جل الأبحاث العلمية المثبتة، والدلائل المنطقية، تلك الفلسفية منها والنفعية الممقوتة أو غيرها، قد أفضَت دون شك ولا ريبٍ إلى أفضلية اللغة الأم، عربيةً كانت أو أعجمية، فكانت أثبَت بالحفظ وأجدَر بالفهم وأيسَر للإبداع.

إليكم الدول المتقدمة علمياً مرتبةً حسب تصنيفها ملحوقةً بلغة تعليمها،

الترتيب التعليمي (٢٠٢٤ ٢٠WT)	الدولة	اللغة المعتمدة في التعليم	مميزات
١	كوريا الجنوبية	الكورية	تركيز قوي على التعليم والبحث العلمي.
٢	الدنمارك	الدنماركية	استثمار كبير في التعليم والابتكار.
٣	هولندا	الهولندية	تركيز على البحث العلمي والتعاون الدولي.
٤	بلجيكا	الهولندية، الفرنسية، الألمانية	تعدد لغوي وثقافي، استثمار في التعليم.
٥	سلوفينيا	السلوفانية	نظام تعليمي متطور ومجاني.
٦	اليابان	اليابانية	تركيز قوي على التعليم والبحث العلمي.
٧	ألمانيا	الألمانية	استثمار كبير في البحث العلمي والتطوير.
٨	فنلندا	الفنلندية، السويدية	نظام تعليمي متميز ومجاني.
٩	النرويج	النرويجية	استثمار كبير في التعليم والبحث العلمي.
١٠	أيرلندا	الإنجليزية	نظام تعليمي متطور يجذب الطلاب الدوليين.

وإليكم المصادر الآتية والتي تشمل مقالات وأبحاث علمية معتَدٌّ بها،

المصدر	الرابط
مقالة نشرت في موقع منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونيسكو)	https://www.unesco.org/en/articles/why-mother-language-based-education-essential
مقالة نشرت في منظمة (روتو) الخيرية والتي تدعم تعددية لغات التعليم خدمةً للغة الطالب الأم.	https://www.rutufoundation.org/what-is-mother-tongue-/education
مقالة نشرت في موقع منظمة الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسيف)	https://www.unicef.org/india/stories/why-mother-tongue-education-holds-key-unlocking-every-childs-potential
منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) تدعو البلدان	https://www.unesco.org/ar/articles/alywm-aldwly-llght-alam-alywnskw-tdw-albldan-aly-anthaj-altlym-alqaym-ly-allght-alam
بيان وزارة التعليم السنغافورية بشأن التعليم باللغة الأم	https://www.moe.gov.sg/primary/curriculum/mother-tongue-languages/learning-in-school
بحث علمي بعنوان أثر التعليم باللغة الأم أولًا في إثيوبيا	https://riseprogramme.org/sites/default/files/inline-files/Seid_The%٢٠Impact%٢٠of%٢٠Learning%٢٠in%٢٠Mother%٢٠Tongue%٢٠First.pdf
مقالة نشرت في موقع الأمم المتحدة بعنوان اليابان حامية الطبيعة الأم ولغتها	https://news.un.org/en/story/٢٠٢٤/٠٥/١١٤٩٤٨١

ولقد خرجت من قراءة السير والأخبار أنه لا للنهضة العلمية سبيلٌ بمعزل عن التواصل مع الأمم الأخرى والاستفادة من علومها. فكما كانت حركة الترجمة في العصر العباسي، من اليونانية والفارسية إلى العربية، أساسًا لتقدم الحضارة الإسلامية في

مختلف العلوم، كذلك كانت حركة الترجمة الأوروبية للكتب العربية هي الشرارة التي أضاءت عصر النهضة في أوروبا. أما فهذا الكتاب ليس بمقابلةٍ لكلمات من معجم لآخر، بل هو إسهامٌ طامح في إعادة ربط العقل العربي الإسلامي بالمنبع الذي تفجَّرت بكلماته المعرفة الإنسانية، ليكون له دوره في بناء المستقبل، **ويكتفي من الصياغة ويبدأ بالصيانة بإذن الله.**

بعض الاصطلاحات يرفضها الناس ولا يستخدمونها لما فيها من صعوبة، أو طول، أو لغرابةِ جرسها على الآذان. وقد اجتهدت في هذه المسألة خصيصًا بأن اسبك مصطلحات قريبة إلى الناس، واصِفة، عربية لا منقحرة إلى حد كبير، بعدما تعلمت وطالعت ما لا يسع المجتهد جهله في الترجمة والتعريب ليبدأ، مبتغيًا الوصول لما أحسَبه يُحسب لنا لا علينا. وكما يقال، ما لا يدرك كله لا يترك جله، أني لأسعد إن طوِّرَت هذه المصطلحات من بعدي، أو أن يهتدي بهديها من يحسِّنها لتقع موقعًا حسن، وتبلغ ما يجب أن تبلغه عند المشتغلين.

ختامًا، **إن أصبتُ فمن الله وإن أخطأتُ فمن نفسي والشيطان.**

حُقُوقُ الْمَشْرُوعَينِ وَأَهْدَافِهِمَا

بعد تمكين من الله عز وجل، وفقني الله عز وجل في انجاز مشروعين. أما الأول فهو تعريبي لمنهج شهادة المختبر المعتمد، وعنونتهُ باسم «الأساسيات في علم اختبار البرمجيات». وأما الثانية هي بنائي أول معجم تقني اختباري برمجي باللغة العربية؛ وهو «مُعْجَمُ المُصْطَلَحَاتِ فِي عِلْمِ اِخْتِبَارِ البَرْمَجِيَّاتِ».

حينما مكنني الله عز وجل من التفكير ببداية ترجمة وتعريب منهج «الأساسيات في علم اختبار البرمجيات»، استحضرت مشكلة غياب المصطلحات التقنية بشكلٍ عام، ناهيك عن مجال اختبار البرمجيات وهو الدقيق. أما فصارت المسألة أشد وأعتى، وعندها قررتُ، فولِدَت الثانيةُ من رحمِ الأولى.

وبالحديث عن المشروع الترجمي التعريبي، فإنه لم يوجد ليكن ترجمةً حرفية مباشرة، ولا ترجمة تصرُّفية، بل هي جمع بين تعريبٍ وترجمة تصرُّفية ابتكارية، وتعديل لأخطاء لاحظتها، وإضافات شملت التوسع ببعض المفاهيم التي شرحتها كما رأيته ينبغي، بأمثلة وغيرها، وكان معظم ما حذفت وأضفت من الأهمية بمكان، ملتزمًا للإطار العام لمحتوى الشهادة. وتأكيدًا، كل هذه التعديلات والأفكار التي قادتني لما أنا فيه اليوم، قد تولَّدت أثناء دراستي لمحتوى الشهادة الرسمي المعتمد باللغة الإنكليزية.

تنويه :أن المشروع الأول وهو «الأساسيات في علم اختبار البرمجيات» دليلٌ تعليميٌ اجتهاديٌ يهدف إلى ترجمة وتعريب تبسيط مفاهيم الشهادة التأسيسية لاختبار البرمجيات، استنادًا إلى محتوى منهج (مُختبِر مُعتَمَد – المستوى الأساسي). ليس ترجمة رسمية ولا معتمدًا من (مجلس اختبار البرمجيات التأهيلي الدولي®)، بل جهد شخصي لإعادة صياغة وشرح المفاهيم لمتحدثي العربية. جميع حقوق المنهج الأساس محفوظة للمجلس، ويُنصح بالرجوع إليه كمرجع أساسي.

أتت أهداف المشروعين خدمةً لأسباب عديدة، أبرزها ما يلي:

- **إثراء مجال البرمجيات بالمصطلحات العربية**، وذلك لغياب المصطلحات التقنية الدقيقة المعقَّدة وأحيانًا البسيطة، أو ركاكتها.
- **تيسير طلب علم المجال باللغة الأم**، والتي لا تختلف الدراسات والبحوث على فعاليتها وأفضليتها على الطالب.
- **التأصيل للريادة والقيادة مستقبلًا**، فاستيراد المفاهيم يصعّب التعليم ويقلل الإبداع.
- **تحسين شرح المفاهيم وحل عقد العسيرات منها**، وذلك بالأمثلة العملية والنماذج التصوُّرية والإبداع الاصطلاحي والإشارات المتكررة.
- **تعزيز ثقة الشباب باللغة العربية**، وذلك بإظهار قدرتها على المواكبة، بل والسَبق بالفعل لا بالعواطف.

أوصي كل قارئ بنشر هذا المصدر حيثما رأى النفع، وأوصي بالامتناع عن أي صورة من صور التكسّب به، حفظًا له خالصًا لوجه الله تعالى. ومن اتخذ منه تجارةً أو كسبًا فقد خان الوصية، وأثم بذلك، والله على ما أقول شهيد.

أَسَاسِيَّاتُ اِختبَارِ الْبَرْمَجِيَاتِ

الباب الأول

١٠١ ماهية اختبار البرمجيات

تُعَدّ أنظمة البرمجيات جزءًا لا يتجزأ من حياتنا اليومية، وقد تعامل معظم الناس مع أنظمة لم تعمل كما هو متوقَّع. والبرمجيات التي لا تعمل على الوجه الصحيح قد تؤدي إلى مشكلات عديدة، مثل خسارة المال أو الوقت أو السمعة، بل قد تبلغ خطورتها حدَّ الإصابة أو الوفاة. لذلك يُعَدّ اختبار البرمجيات أمرًا أساسيًّا لتقييم جودة البرمجية، إذ يساعد على تقليل فرص الفشل أو العُطل في التشغيل.

اختبار البرمجيات هو مجموعة من الأنشطة تُعنى باكتشاف الهفوات البشرية والعيوب والأعطال، وتقييم جودة منتوجات الأعمال. وهذه المنتوجات حين تُختبَر تُسمَّى "الخاضع الاختباري". وهناك سوءُ فَهمٍ شائع يظنّ أن الاختبار يقتصر على تنفيذ الاختبارات العملية ـ أي تشغيل البرنامج وملاحظة النتيجة ـ غير أنّ الحقيقة أن اختبار البرمجيات يتضمن أنشطةً أخرى، ويجب أن تتكامل مع دورة حياة تطوير البرمجيات.

كما يسود اعتقاد آخر بأن اختبار البرمجيات لا يعدو كونه اختبارًا للخاضع الاختباري (الصحية)، بينما الواقع أنه يجمع بين "الصحية" و"المصلحية". **فالصحيّة** تعني التحقّق من مقدار مطابقة النظام للمتطلبات التقنية الصحيحة، وأمّا **المصلحية** فتعني التحقّق من مقدار تلبية النظام لاحتياجات ومصالح المستخدمين وأصحاب المصلحة الآخرين في بيئتهم التشغيلية.

اختبار البرمجيات قد يكون متحرّكًا أو ثابتًا. فالاختبار المتحرّك يتضمن تشغيل البرنامج، في حين أن **الاختبار الثابت** لا يتطلب ذلك، بل يشمل المراجعات والتحليل الثابت. أمّا **الاختبار المتحرّك** فيستعين بأنواع مختلفة من التقنيات والنُّهُج الاختبارية لاستخراج الحالات الاختبارية.

واختبار البرمجيات ليس نشاطًا تقنيًّا بسيطًا، بل هو نشاط يتطلب التخطيط، والإدارة، والجدولة، والمراقبة، والسيطرة. وقد يستخدم المختبِرون الأدوات، لكن من المهم التذكير بأن الاختبار يعتمد بدرجة كبيرة على الجانب الفكري، إذ يتطلب من المختبِر خبرةً تخصصية، ومهاراتٍ تحليلية، وتفكيرًا ناقدًا، ورؤيةً منهجية.

ويقدِّم المعيار (آيزو/آي إي سي/آي إي إي ٢٩١١٩-١) معلوماتٍ إضافيةً في هذا الصدد.

١٠١٠١ أهداف اختبار البرمجيات؟

الأهداف البرمجية المُتعارف عليها:

- تقييم المنتوجات؛ مثل المتطلبات، والحويجات، والتصاميم، والترميز.
- إحداث الأخطاء واكتشاف الهفوات.
- التحقّق من استيفاء نسبة الإكمال للخاضع الاختباري.

- تقليل نسبة المخاطرة في البرامج غير الجديرة بجودتها.
- التحقّق من استيفاء المتطلبات.
- التحقّق من امتثالية وشرعانية الخاضع الاختباري للقوانين المبرَمة بين أصحاب المصلحة وغيرها.
- تزويد أصحاب المصلحة بصورة واضحة تساعدهم على اتخاذ القرار المناسب.
- التوثّق من جودة الخاضع الاختباري.
- التحقّق مما إذا كان الخاضع الاختباري مطابقًا ويعمل كما أراده أصحاب المصلحة.

تختلف أهداف البرمجيات باختلاف سياقاتها ومتغيراتها، وذلك لاعتمادها على ماهية المنتوجات المراد اختبارها، وعمق الاختبار المطلوب، ومقدار خطورتها، ودورة الحياة التطويرية المتَّبعة. وربما تختلف أيضًا لأسباب غير تقنية، كالسياق المؤسسي والاعتبارات التنافسية، فضلًا عن غيرها من الأسباب الإدارية التي تُساق لتحقيق أهداف معينة في بعض الأحيان.

٠١ ٠١ ٠٢ اختبار البرمجيات والتصحيح

الاختبار والتصحيح عمليتان منفصلتان لا تتقاطعان؛ فالاختبار قد يُحدِث عطلًا بسبب هفوة أُثيرت عند التشغيل (وهذا هو الاختبار المتحرّك)، أو يُحدِّدها ويشير إليها مباشرةً في الخاضع الاختباري دون تشغيل (وهذا هو الاختبار الثابت). وعندما يُحدِث الاختبار المتحرّك عطلًا، يكون التصحيح معنيًّا بإيجاد المسبِّبات، وتحليلها، وإزالتها.

العمليات المعتادة في التصحيح في هذه الحالة:

- **إعادة توليد العطل** (أي إحداثه مرةً أخرى).
- **تشخيص العطل** (أي تحديد السبب الجذري).
- **إصلاح العطل** بإصلاح الهفوة.

ويعقب ذلك الاختبار التوكيدي الموجَّه، وهو المعني بالتحقق مما إذا كانت المشكلة قد حُلّت بالفعل. وغالبًا ما يُفضَّل أن يجري هذا الاختبار المختبِر نفسه الذي اكتشف المشكلة سابقًا. وقد يتلوه أيضًا الاختبار التوكيدي غير الموجَّه، الذي يعنى بالتأكد من أن حل المشكلة الأولى لم يتسبب في أخطاء أخرى في أيٍّ من أجزاء النظام.

ويجب التنبيه إلى أن الاختبارين التوكيديين السابقين يُجرَيان فقط في الاختبار المتحرّك، أما في الاختبار الثابت فيكتفي المصحِّح بإزالة العيب من الخاضع الاختباري.

١٠٢٠ أهمية اختبار البرمجيات

يُعَدّ الاختبار أحد أشكال التحكّم بالجودة، إذ يساعد على تحقيق الأهداف المتفق عليها ضمن النطاق، والوقت، والجودة، والميزانية المحددة. ولا ينبغي اختزال الاختبار في كونه مهمةً خاصة بالفريق المكلَّف به وحده ـ كقسم الاختبار مثلًا ـ بل على العكس، يمكن لأي فرد من أصحاب المصلحة أن يُسخِّر مهاراته التدقيقية والاختبارية ليجعل المشروع يخطو خطواتٍ أقرب إلى النجاح. فاختبار المكوّنات، والأنظمة، وسائر المستندات المرتبطة، يعين على اكتشاف العيوب داخل البرنامج.

١٠٢٠١ مساهمة اختبار البرمجيات في النجاح

يُعَدّ الاختبار وسيلةً اقتصاديةً كُفؤةً لاكتشاف العيوب، التي تُزال بعملية التصحيح الناشئة بعد الاختبار وإيجاد الأعطال. ومن ثَمّ فإن الاختبار يُسهم بصورة غير مباشرة في تحسين جودة الخاضع الاختباري، كما يقدّم وسيلةً مباشرة لاختبار جودته في مختلف مراحل دورة الحياة التطويرية.

وتُعَدّ هذه المساهمات التي يقدّمها الاختبار جزءًا لا يتجزأ من أنشطة إدارة المشاريع، إذ تساعد على اتخاذ القرارات، مثل قرار الانتقال إلى المرحلة التطويرية التالية. كما يؤدي الاختبار دورًا بوصفه الصفَّ الأمامي للمستخدمين؛ إذ يتحقّق المختبِرون من أن احتياجاتهم معتبرة في جميع المراحل التطويرية، بدلًا من اجتماع الفريق كاملًا، وهو أمر غير ممكن في العادة بسبب تكلفته الكبيرة وصعوبة إيجاد وقت مناسب له.

وينبغي أن يتوافق الاختبار مع المتطلبات التعاقدية والقانونية، وأن يمتثل للمعايير التنظيمية المعترف بها.

١٠٢٠٢ اختبار البرمجيات وضمان الجودة

عادةً ما يتداول المشتغلون مصطلحي "الاختبار" و"ضمان الجودة" معًا بصورة متكررة، غير أنهما لا يعنيان الشيء نفسه؛ فالاختبار موجَّه في أصله إلى المنتج ذاته، بوصفه نهجًا تصحيحيًّا لا وقائيًّا، يركّز على الأنشطة التي تُحرز تقدّمًا في مستوى الجودة. ويندرج الاختبار تحت مظلة ضمان الجودة باعتباره جزءًا كبيرًا ومهمًّا، إلى جانب أجزاء أخرى من الوسائل والطرائق الرسمية، مثل التحقق من توافقية المخططات، ومستندات إثبات الصحة، فضلًا عن المحاكاة والنماذج الأولية.

أما ضمان الجودة، فيُعَدّ نهجًا معاكسًا للاختبار، إذ يتسم بكونه نهجًا وقائيًّا لا تصحيحيًّا، فيركّز على طريقة تشغيل العمليات وكيفية تحسينها، وتتلخّص فكرته في المقولة: «ما بُني على حق دام واستقام». ويمكن تطبيق ممارسات وأنشطة ضمان الجودة على العمليات التطويرية والاختبارية على السواء، وهي مسؤولية يشترك فيها جميع أفراد المشروع.

ويمكن الاستفادة من نتائج أي اختبار في مجال الاختبار نفسه وفي مجال ضمان الجودة؛ ففي الأول لإصلاح الأخطاء، وفي الثاني كتغذية راجعة تساعد على إيجاد طرائق أفضل لتطوير العمليات التطويرية والاختبارية.

١٠ ٢٠ ٣٠ الهفوات والعيوب والأعطال والمسببات الجذرية

للبشر هفواتهم؛ أي أخطاؤهم البشرية غير المقصودة، والتي قد ينتج عنها عيوب وأخطاء، تؤدي بدورها إلى أعطال في الأنظمة. فالإنسان تحت ظروف الضغط وضيق الوقت، أو عند تعقيد المشكلات وكثرتها، أو بسبب قلة الخبرة والتعب، قد يخطئ.

تظهر العيوب في المستندات والوثائق عمومًا، مثل مواصفات المتطلبات، والنصوص الاختبارية، والرموز البرمجية بطبيعة الحال، وفي مختلف منتوجات الأعمال. وإن لم تُكتشف هذه العيوب مبكرًا في دورة الحياة، فسوف يُبنى عليها منتوجات أخرى خاطئة رديئة الجودة. فإذا أُثير عيب في النظام أثناء التشغيل، قد يتعطل عن أداء ما يجب عليه فعله، أو يقوم بما لا يجب عليه فعله، وهذا هو "العُطل". فالعيوب دائمًا ما تسبّب الأعطال، غير أنّ منها ما يُلاحظ مباشرةً، ومنها ما يظهر في ظروف معينة عند إثارة العيوب الكامنة، ومنها ما لا يُلحظ إطلاقًا على الرغم من وجوده.

وليس سبب الأعطال مقصورًا على العيوب والهفوات فحسب، بل قد تنشأ أيضًا بفعل عوامل بيئية حيوية محيطة، مثل تأثر البرمجيات الجامدة بالإشعاعات، أو بالمجالات الكهرومغناطيسية، أو بالحرارة، ونحو ذلك.

والسبب الرئيس في أي مشكلة هو "السبب الجذري"؛ فالصداع أو الرشح مثلًا ليسا إلا أعراضًا لمسببات جذرية كاضطرابات المعدة أو ضعف المناعة. ويمكن التعرف على السبب الجذري من خلال التحليل الذي ينبغي أن يُجرى عند اكتشاف العطل أو العيب. ومن المعلوم أن استهداف تصحيح السبب الجذري يقلّل ـ بشكلٍ أو بآخر ـ من احتمالية حدوث مشكلات مشابهة أو تكرارها.

١٠٣٠ مبادئ اختبار البرمجيات

ثمّة العديد من المبادئ التي تقدّم أُطرًا ونُهُجًا للمشتغلين بالمجال الاختباري، وقد ذكر المنهج منهم سبعةً وشرحها، وهي:

١. **الْاِخْتِبَاءُ لَا يَعْنِي الْاِخْتِفَاءُ.** يُعَدّ الاختبار أداةً لإيجاد العيوب في الخاضع الاختباري، لكنه لا ينفي وجود عيوب أخرى (باكستن ١٩٧٠). فالاختبار ما هو إلا محاولة لتقليل احتمالية وجود عيوب لم تُكتشَف بعد. وإن لم نجد عيوبًا، فهذا لا يعني إلا أننا لم نجدها نحن ـ ببساطة ـ لا أنها غير موجودة.

٢. **عُصْفُورٌ فِي الْيَدِ خَيْرٌ مِنْ عَشَرَةٍ على الشّجَرَة.** إن اختبار كل شيء غير ممكن، إلا في الحالات النادرة، كبرنامجٍ يتيح خيارين اثنين فقط (منه ١٩٧٨). فبدلًا من محاولة المستحيل، من الأفضل استخدام التقنيات الاختبارية، ومفاضلة الحالات الاختبارية، والاختبار بالخطر لاستثمار الجهود.

٣. **الْوَقْتُ مِنْ ذَهَبٍ.** إن العيوب التي تُزال مبكرًا توفّر عناء إزالة ما بُني عليها، إذ تقلّ تكلفة الجودة المادية بالتبكير في الإزالة والتمحيص (بوم ١٩٨١). ولإيجاد العيوب يُنصَح بالشروع مبكرًا في الاختبارين الثابت والمتحرك.

٤. **الطُّيُورُ عَلَى أَشْكَالِهَا تَقَعُ.** يُقال عادةً إن عددًا قليلًا من الأجزاء يشكّل النسبة الكبرى من العيوب، أو يكون المسؤول الأول عن أغلب الإخفاقات التشغيلية (إندرز ١٩٧٥). وهذه الظاهرة تجسيد واقعي لمبدأ باريتو، الذي ينص على أن ٨٠٪ من النتائج سببها ٢٠٪ من الأسباب. وإن توقّع تجمعات العيوب ثم إيجادها فعليًّا من أهم البيانات التي يُستفاد منها في الاختبار بالخطر (مذكور بالباب الخامس).

٥. **كَثْرَةُ الْمِسَاسِ تُمِيتُ الْإِحْسَاسُ.** مع تكرار إعادة الاختبارات تقلّ كفاءتها في اكتشاف العيوب (بيزر ١٩٩٠). ولتفادي هذه المعضلة، يمكن تعديل الاختبارات أو البيانات الاختبارية المستخدمة، وقد تستلزم الحاجة إعداد اختبارات جديدة. ومع ذلك، من المهم إدراك أن هناك حالات تكون فيها إعادة الاختبارات أمرًا لا بد منه، مثل أتمتة الاختبارات التوكيدية غير الموجَّهة.

٦. **لِكُلِّ مَقَامٍ مَقَالٌ.** تختلف أساليب الاختبار باختلاف مقاصدها، ولا يوجد نهج مطلق يصلح لجميع الاختبارات.

٧. **مِنَ الْمَصْلَحَةِ مُرَاعَاةُ الْمَصَالِح.** قد يسيء البعض الفهم بقوله إن "الصحيّة" وحدها كافية لنجاح النظام وتلبيته لاحتياجات المستخدم. والحق أن اختبار جميع المتطلبات بدقة، وإصلاح معظم العيوب قد يُفضيان إلى نظام صحيح، لكنه قد لا يلبّي احتياجات المستخدمين أو يوافق توقعاتهم. لذا فإضافةً إلى الصحيّة لا بد من العمل بالمصلحية.

٠١ ٠٤ أنشطة الاختبار ومخرجاته وأدواره

في الاختبار، السياق هو سيّد الكلمة. غير أنّ ثمة عوامل مشتركة وحدودًا تتكوّن من عدد من الأنشطة، التي من دونها قد يصعُب استيفاء أهداف الاختبار، أو بعبارة أخرى قد يفضي الأمر إلى الفشل. ومجموعة هذه الأنشطة هي ما يُشكّل ما يُسمّى بـ"العملية الاختبارية". وتُكيَّف هذه العمليات بحسب العوامل المؤثّرة، فبناءً عليها تُحدَّد أنشطة العملية الاختبارية، وكيف تُطبَّق، ومتى تُستحقَق. وهذه الجوانب تُوضَّح على وجه الخصوص في مرحلة التخطيط الاختباري.

وتشرح الأقسام التالية الجوانب الظاهرة والعامة من العملية الاختبارية، بما تنطوي عليه من أنشطة ومهامّ، وأهمية سياقها، ومخرجاتها الاختبارية، وتتبعيتها ما بين الأسس ومخرجاتها، فضلًا عن الأدوار المشغولة فيها.

ويقدّم المعيار (آيزو/آي إي سي/آي إي إي إي ٢٩١١٩-٢) معلومات إضافية عن العمليات الاختبارية.

٠١ ٠٤ ٠١ أنشطة الاختبار ومهامه

أي عملية اختبارية تندرج عادةً تحت واحد من الأنشطة الآتية. وغالبًا ما يتبادر إلى الأذهان أن هذه العمليات تعمل تتابعيًّا، واحدةً تلو الأخرى، غير أنّ الأمر ليس كذلك دائمًا، فقد تُكرَّر بعض العمليات حتى بعد اكتمالها، أو تُنفَّذ عمليتان بالتوازي. وهذه الأنشطة الاختبارية ينبغي أن تتكيّف بحسب المعطيات ـ كالمشروع ونوعية النظام ـ.

تخطيط الاختبار: وهي عملية تتضمن تحديد الأهداف الاختبارية والتعرّف عليها، ثم اختيار أفضل نهج يساعد على تحقيق هذه الأهداف، مع مراعاة الحدود المفروضة في السياق العام. فمثلًا، عند العمل في منشأة يعمل موظفوها عن بُعد، يُختار نهج يتناسب مع هذه البيئة.

سيطرة ومراقبة الاختبار: المراقبة هي عملية تتضمن متابعة ومطابقة مستمرة لجميع الأنشطة الجارية مع خطة الاختبار، أمّا السيطرة فهي اتخاذ القرارات اللازمة لاستيفاء أهداف الخطة (تُشرح بإسهاب في ٥,٣).

تحليل الاختبار: وهي عملية تتضمن تحليل الأُسس الاختبارية لتحديد الأجزاء النموذجية بقدر المستطاع، وتوضيح أولويات الاشتراطات الاختبارية، إضافةً إلى الأخطار ومستوياتها. كما تُدقَّق المستندات الاختبارية البنائيّة والخاضع الاختباري وتُقيَّم لاكتشاف العيوب الممكنة، وللتحقق من قابليتها للاختبار. ويُطبَّق التحليل الاختباري باستخدام التقنيات الاختبارية (مذكور بالباب الرابع). وخلاصة هذا النشاط: الإجابة عن السؤال "ما الذي يجب اختباره؟" بحيث تكون الإجابة محددة قابلة للقياس.

تصميم الاختبار: وهي عملية تتضمن تفكيك اشتراطات الاختبار وتحويلها إلى حالات اختبارية ومخرجات ـ مثل الميثاق الاختباري ـ. ويشمل ذلك تحديد عناصر التغطية التي تُستخدم لاحقًا لتحديد مدخلات الحالات الاختبارية. ويُستعان في هذا

النشاط بالتقنيات الاختبارية (مذكور بالباب الرابع). ولا يقتصر الأمر على ذلك، بل يشمل أيضًا تحديد المتطلبات البيانية الاختبارية (مثل نوعية البيانات المطلوبة لدعم الاختبار)، وتصميم البيئة الاختبارية، وتحديد اللوازم الأخرى (كالأدوات أو تخصيصات البنية التحتية). وخلاصة هذا النشاط: الإجابة عن السؤال "كيف يجب اختباره؟".

تهيئة الاختبار: وهي عملية تتضمن إنشاء المخرجات الاختبارية أو الحصول عليها لبدء عملية التنفيذ. وقد تُضمّ الحالات الاختبارية لتصبح على هيئة إجراءات اختبارية منتظمة، والتي تُجمَع بدورها في حزم اختبارية. وتُنشَأ النصوص الاختبارية لكلٍّ من الاختبارات اليدوية والمؤتمتة. ولتنفيذ اختباري كُفؤ يجب تحديد ترتيب الإجراءات الاختبارية بحسب الأولوية وجدولتها في الجدول التنفيذي (مذكور بالباب الخامس). كما ينبغي التحقق من أنّ البيئة الاختبارية جُهِّزت على النحو المطلوب.

تنفيذ الاختبار: وهي عملية تتضمن إجراء أو تشغيل الحالات الاختبارية فعليًّا وفقًا للجدول التنفيذي. وقد يكون التنفيذ يدويًّا أو مؤتمتًا، ويمكن أن يُنفَّذ بأكثر من شكل، مثل الاختبار المستدام أو جلسات الاختبار الثنائية. وتُقارَن النتائج الاختبارية بالنتائج المتوقعة ـ المكتوبة في الحالة الاختبارية نفسها ـ ثم تُسجَّل في سجلٍّ خاص، وتُحلَّل لتحديد أسباب أي انحراف في النتائج، مما يساعد على تسجيل الحالات الشاذة على نحو موضوعي.

اختتام الاختبار: ويحدث عادةً عند الانتهاء من محطات المشروع، لا بالضرورة عند اختتام المشروع كاملًا، فقد يكون عند الإطلاق، أو نهاية الكرّة، أو استيفاء عمق اختباري معيّن. أمّا الأخطاء التي لم تُحلّ بعد فيُنشأ لها طلب تغيير (في دورة الحياة التقليدية)، أو تُرحَّل إلى التراكم التالي (في الدورات المرنة التكرارية). كما يُستفاد من المخرجات الاختبارية إمّا بأرشفتها أو بتسليمها للأقسام المعنية. وتُسلَّم البيئة الاختبارية على النحو المقبول، ويُراجع جميع الأنشطة السابقة لاستخراج الدروس المستفادة والنقاط التطويرية المستقبلية. وأخيرًا يُعَدّ تقرير الاختتام لتسليمه إلى أصحاب المصلحة.

١٠ ٤٠ ٢٠ سياقيَّة عملية الاختبار

لا يصلح أن يُجرى الاختبار في انعزالية؛ إذ هو من الأنشطة الأساسية لأي عملية تطويرية في أي منظمة. ويُموَّل الاختبار من أصحاب المصلحة، وهدفه تحقيق احتياجاتهم. لذلك نقول إن الاختبار لا يُستهلّ به اعتمادًا إلا على عددٍ من السياقات، منها ما يلي:

- **أصحاب المصلحة**: بحسب الاحتياجات، والتوقعات، والمتطلبات، والرغبة في التعاون، إلخ.
- **أعضاء الفريق**: بحسب المهارات، والكفاءة العلمية، ومستويات الخبرة، والتفرغ، والحاجة إلى التدريب، إلخ.
- **مجال العمل**: مثل حساسية الخاضع الاختباري، والمخاطر المكتشفة، واحتياجات السوق، والاعتبارات القانونية الخاصة، إلخ.
- **عوامل تقنية**: كنوع البرنامج، وهيكلة المنتج، والتقنيات المستخدمة، إلخ.
- **التزامات المشروع**: كالنطاق، والوقت، والميزانية، والموارد، إلخ.
- **عوامل تنظيمية**: كالهيكل التنظيمي للشركة، والاتفاقيات القائمة، والممارسات المتَّبعة، إلخ.

- **دورة حياة تطوير البرمجيات**: كالممارسات الهندسية، وأساليب التطوير، إلخ.
- **الأدوات**: مثل الوفرة، والسهولة، والامتثالية، إلخ.

العوامل المذكورة أعلاه تؤثّر على العديد من المسائل المتعلقة بالاختبار، ومنها:

- الاستراتيجية الاختبارية.
- التقنيات الاختبارية المستخدمة.
- درجة انخراط الأتمتة الاختبارية.
- درجة التغطية المطلوبة.
- مستوى تفصيل المخرجات الاختبارية.
- إعداد التقارير الاختبارية.

١. ٤. ٣. المخرجات الاختبارية

يُعنَى بالمخرج الاختباري كلُّ نتاجٍ للعمل المبذول في الأنشطة الاختبارية. وهناك تفاوتٌ ملحوظ في إنشائها من حيث المحتوى، والأسماء، وطريقة التنظيم، وذلك من شركة إلى أخرى. وفي هذه الحالة، يُعَدّ استخدام تقنية إدارية مثل "الضبط" وسيلةً لضمان اتساق المكوّنات ـ أي المستندات في هذه الحالة ـ وسلامتها.

القائمة التالية تتضمن بعضًا من المستندات الاختبارية (لا كلها):

- **وثائق التخطيط الاختباري**: خطة الاختبار، جدول الاختبار، سجل المخاطر، ضوابط البدء والانتهاء. وسجل المخاطر هو مجموعة من المخاطر مبيَّنةً فيها احتمالية حدوثها وتأثيرها، مع معلومات عن كيفية تخفيفها. وعادةً ما يُعتبَر جميع ما سبق جزءًا من خطة الاختبار.
- **وثائق السيطرة والمراقبة الاختبارية**: تقارير تقدّم الاختبار، مستندات التوجيهات التحكمية (وهي أوامر خاصة نستخدمها في البرمجة لتوجيه الحاسوب إلى القيام بأشياء معينة)، ومعلومات عن المخاطر.
- **وثائق التحليل الاختباري**: شروط الاختبار (مرتبة حسب الأولوية)، تقارير العيوب المكتشفة في الأُسس الاختبارية (إن لم تُزَل بعد).
- **وثائق التصميم الاختباري**: الحالات الاختبارية (مرتبة حسب الأولوية)، الميثاق الاختباري، عناصر التغطية، متطلبات كلٍّ من البيانات الاختبارية والبيئة الاختبارية.
- **وثائق التهيئة الاختبارية**: الإجراءات الاختبارية، نصوص الاختبار اليدوي والمؤتمت، الحزم الاختبارية، البيانات الاختبارية، جدول تنفيذ الاختبار، عناصر البيئة الاختبارية (مثل البدائل، والمحفزات، والمحاكيات، والخدمات الافتراضية).
- **وثائق التنفيذ الاختباري**: السجلات الاختبارية، تقارير العيوب.

- **وثائق الاختتام الاختباري**: تقرير الاختتام، إجراءات لتحسين المشاريع القادمة أو الكرّات، الدروس المستفادة، طلبات التعديل.

١٠ ٤٠ ٤٠ التتبعيّة ما بين الأُسس والمخرجات الاختبارية

لتطبيق اختبار المراقبة والسيطرة بفعالية، من المهم إعداد التتبعية والحفاظ عليها طوال العملية الاختبارية، وذلك في عناصر أُسس الاختبار والمخرجات المستخرَجة منها؛ مثل شروط الاختبار، والمخاطر، والحالات الاختبارية، والنتائج الاختبارية، والعيوب.

إن التتبعية الدقيقة تقوم على تقييم مستمر للتغطية، ولذا فإن إضافة معايير تغطية مقياسية ـ أي قابلة للقياس ـ في الأُسس الاختبارية يُعَدّ أمرًا ذا قيمة عالية. وتعمل هذه المعايير بدورها كمؤشرات أداء تقود إلى معرفة مدى اقترابنا من تحقيق الأهداف الاختبارية أو بلوغها. ومن أمثلتها:

- **التتبعية بين الحالات الاختبارية والمتطلبات**، لتبيان أن جميع المتطلبات قد غُطِّيت بحالات اختبارية.
- **التتبعية بين النتائج الاختبارية والمخاطر**، لتقييم مستوى الخطر المتبقي في الخاضع الاختباري.

وإضافةً إلى ما سبق، فإن التتبعية الجيدة هي التي تُمكِّن من تحديد آثار التعديلات، وتُيسِّر التدقيق، وتساعد على مواءمة معايير حوكمة تقنية المعلومات. وهي أيضًا تجعل تقارير التقدّم والاكتمال الاختبارية أوضح وأسهل فهمًا، بفضل استمرارية تضمين حالة عناصر الأُسس الاختبارية فيها. كما تُسهِّل التتبعية الجيدة التواصل مع أصحاب المصلحة فيما يخص الجوانب التقنية، وتقدّم معلومات يمكن من خلالها تقييم جودة المنتج، والقدرة العملية، وتقدّم المشروع مقابل الأهداف التجارية.

١٠ ٤٠ ٥٠ الأدوار في الاختبار

غُطِّي في هذا المنهج دَوران رئيسيان، هما: دور الإدارة الاختبارية ودور الاختبار. وتختلف الأنشطة والمهام التي ينطوي عليها كلٌّ من هذين الدورين باختلاف متغيرات عديدة؛ كسياق المشروع، وطبيعة المنتج، ومهارات الأشخاص الذين يتولّون تلك الأدوار، وطبيعة الشركة.

دور الإدارة الاختبارية: يتحمّل هذا الدور كامل المسؤولية عن العملية الاختبارية، والفريق الاختباري، وقيادة الأنشطة الاختبارية. وترتكز أنشطته عادةً على التخطيط الاختباري، والمراقبة الاختبارية، والسيطرة الاختبارية، والاكتمال الاختباري. وتختلف آليات الإدارة الاختبارية باختلاف الظروف والمواقف؛ فمثلًا، في المشاريع المرنة قد تقع بعض هذه المسؤوليات على عاتق الفريق بأكمله. أما المهام التي تتطلب جهدًا مشتركًا من عدة فرق أو من جميع أنحاء الشركة، فعادةً ما يُكلَّف بها مديرو الاختبار من خارج فريق التطوير لإدارتها.

دور الاختبار: يتحمّل هذا الدور كامل المسؤولية عن الجوانب الهندسية (الفنية والعملية). وترتكز أنشطته عادةً على التحليل الاختباري، والتصميم الاختباري، والتهيئة الاختبارية، والتنفيذ الاختباري.

وقد تأتي أوقات يشغل فيها أكثر من شخص الدور نفسه في أوقات مختلفة؛ فمثلًا يمكن لقائد الفريق، أو مدير الاختبار، أو مدير التطوير أن يشغل دور الإدارة الاختبارية. كما يمكن للشخص نفسه أن يجمع بين دورَي الإدارة الاختبارية والاختبار معًا.

١٠٥. المهارات اللازمة وجيّد الممارسات

المهارة هي القدرة على القيام بشيءٍ ما ببراعة، وهي ثمرةُ المعرفة والممارسة والموهبة. وينبغي أن يمتلك المختبِرون بعض المهارات الأساسية ليؤدّوا عملهم على الوجه المطلوب. فالمختبِرون الجيّدون يشغلون أدوارهم بفاعلية، ويستطيعون أداء الاختبارات في مختلف مستويات الاستقلالية الاختبارية؛ أي درجةَ الفصل بين فريق الاختبار وفريق التطوير.

١٠٥.١ مهارات عامة متطلّبة

بالرغم من أنّ هذه المهارات عامة، فإنها ذات أهمية خاصة للمختبِرين:

- **المعرفة الاختبارية:** لزيادة فعالية الاختبار، مثلًا باستخدام التقنيات الاختبارية.
- **الدقة المتناهية، والاهتمام، والفضول، والانتباه إلى التفاصيل:** لاكتشاف العيوب، وخصوصًا الصعب منها.
- **مهارات الاتصال الجيدة، والاستماع الفعّال، والعمل مع الفريق:** للتواصل الفعّال مع أصحاب المصلحة، وإيصال المعلومات بصورة مفهومة، وكتابة التقارير ومناقشة ما تتضمنه من عيوب.
- **التفكير التحليلي، والتفكير النقدي، والإبداع:** لزيادة فعالية الاختبار.
- **المعرفة الفنية (العملية):** لزيادة كفاءة الاختبار، مثلًا باستخدام الأدوات الاختبارية المناسبة.
- **المعرفة بالمجال:** أي القدرة على الفهم والتواصل مع المستخدمين النهائيين وممثلي الأعمال.

وعادةً ما يكون المختبِرون حملةَ الأنباء السيئة، ومن طبيعة البشر أن يلوموا حامل النبأ السيئ، مما يؤكد أهمية مهارات الاتصال. فقد تُؤخَذ نتائج الاختبار على أنها نقدٌ لاذع للمنتج أو لصاحبه، ويجعل الانحياز الذاتي لدى أصحاب هذه المنتجات الأمر أصعب. ويعتقد بعضهم أن الاختبار نشاطٌ تدميري، مع أنّه يساهم إسهامًا كبيرًا في نجاح المشروع وجودة المنتج. ولهذا يجب أن تُعرَض العيوب والأخطاء بأسلوبٍ بنّاء يغيّر هذه الصورة النمطية.

١٠٥.٢ أسلوب الفريق الكامل

من أهم المهارات ـ إن لم تكن الأهم ـ قدرة المختبِر على العمل بفعالية داخل إطار الفريق، والمساهمة إيجابًا بما يصبّ في تحقيق أهدافه. وأسلوب الفريق الكامل مستوحًى من ممارسة في البرمجة القصوى (كما هو موضّح في القسم ٢٫١) وقد تبنّاه هذا المنهج.

في هذا الأسلوب، يستطيع أي عضو في الفريق يملك المعرفة والمهارة الكافية إنجاز أي مهمة، ويصبح الجميع مسؤولين عن الجودة. وينبغي للفريق أن يشارك مساحة العمل نفسها ـ واقعية كانت أو افتراضية ـ لتيسير التواصل. ويتسم هذا الأسلوب بكونه

مطوِّرًا لتناغم الفريق، مقوّيًا للتواصل والتعاون، خالقًا للتكاتف والتآزر، بما يتيح بدوره بروز مختلف المهارات الكامنة لمصلحة المشروع.

ويعمل المختبِرون جنبًا إلى جنب مع الفريق لضمان تحقيق درجة الجودة المرجوّة، وهذا بدوره يتطلب تعاونًا مع ممثلي الأعمال للمساعدة في إعداد اختبارات التلبية المناسبة، ومع المطوّرين للموافقة على الاستراتيجية الاختبارية واختيار أساليب الأتمتة الاختبارية. وبهذا يكون المختبِرون ناقلين لمعرفتهم إلى الفريق، وملهمين للعملية التطويرية للمنتج.

ومع ذلك، نؤكّد على حساسية السياق؛ فليس دائمًا أسلوب الفريق الكامل هو الأنسب. فمثلًا، في المجالات التي تكون فيها السلامة شديدة الأهمية، قد يكون تطبيق درجة عالية من الاستقلالية الاختبارية أنسب وأكثر أمانًا. ذلك تفاديًا لفكرة انحياز المختبرين لأصدقائهم المبرمجين.

١. ٥. ٣. استقلاليّة اختبار البرمجيات

وجودُ درجةٍ بسيطةٍ من الاستقلالية بين المبرمج والمختبِر يجعل اكتشاف العيوب أكثر فعالية، نظرًا لتباين تحيّزاتهما ومصالحهما وتفاوت معرفتهما بالمكتوب. ومع ذلك، فإن الاستقلالية ليست بديلًا عن المعرفة بالمكتوب؛ فعلى سبيل المثال، يستطيع المطوّرون اكتشاف العديد من العيوب في رموزهم ـ أي التعليمات المكتوبة باللغات البرمجية ـ وبكفاءة أيضًا.

ويمكن اختبار منتوجات العمل بوساطة كاتبها نفسه (من دون استقلالية)، أو بوساطة أقرانه في الفريق (بعض الاستقلالية)، أو بوساطة مختبِرين من خارج فريق الكاتب (استقلالية عالية)، أو بوساطة مختبِرين من خارج منظمة الكاتب (استقلالية عالية جدًّا). والأفضل عادةً أن يُجرى الاختبار على مستويات متعدّدة من الاستقلالية؛ فمثلًا: يجري فريق التطوير الاختبار المكوِّني والاختبار المكوِّني التكاملي، ويجري الفريق الاختباري الاختبار النظامي واختبار التكامل النظامي، بينما يجري ممثّلو الأعمال اختبار التلبية.

والفائدة الرئيسة من الاستقلالية أنّ المختبِر المستقل معرَّض لأنواع مختلفة من الأعطال والعيوب مقارنةً بالمطوّر، نظرًا لاختلاف خلفياتهم ونظراتهم التقنية، فضلًا عن تحيّزاتهم. وعلاوةً على ذلك، فإن المختبِر المستقل يستطيع التحقّق من افتراضات أصحاب المصلحة أو تحدّيها أو دحضها أثناء مرحلة مواصفات النظام وتنفيذه.

وإنصافًا، فإن للاستقلالية بعض المساوئ أيضًا؛ فقد يُعزل المختبِر عن الفريق التطويري، مما يصعّب التعاون والتواصل، بل قد يولِّد حالةً من العداء نحوه. كما قد يفقد المطوّرون شعورهم بالمسؤولية عن الجودة. بل قد يُنظر إلى المختبِرين المستقلّين على أنهم عقبة، وتُوجَّه إليهم أصابع الاتهام عند تأخّر الإطلاق.

الْاِختبَارُ فِي الدَوْرَةِ

الباب الثاني

٠٢ ٠١ اختبار البرمجيات داخل سياق الدورة

تُعَدّ دورة حياة تطوير البرمجيات نموذجًا مجردًا غير تفصيلي، يهدف إلى إبداء نظرة شمولية من الأعلى على عمليات تطوير البرمجيات. ويعرّف هذا النموذج صلة كل مرحلة تطويرية بالأخرى، إضافةً إلى أنواع الأنشطة المعمول بها في كلٍّ منها على نحو منطقي وتتابعي.

ومن الأمثلة على نماذج هذه الدورات:

- **النماذج التطويرية التسلسلية**: مثل النموذج الشلال، والنموذج سبعة.
- **النماذج التطويرية التكرارية**: مثل النموذج اللولبي، والنماذج الأولية.
- **النماذج التطويرية التدريجية**: مثل العملية الموحَّدة.

وتُفصَّل بعض الأنشطة داخل عمليات تطوير البرمجيات أكثر من خلال طرائق تطوير برمجيات تفصيلية أو ممارسات مرِنة. ومن أمثلتها: التطوير باختبار التلبية، والتطوير بالسلوك، والتصميم بالمجال، والبرمجة القصوى، والتطوير بالمزايا، وكانبان، وتقنية المعلومات اللينة، وعزم (أو كما تُسمّى سكرم)، والتطوير بالاختبار.

٠٢ ٠١ ٠١ تأثير الدورة على اختبار البرمجيات

لضمان فعالية الاختبار لا بدّ من تكييفه مع دورة الحياة. فاختيارنا لدورة الحياة يؤثّر على ما يلي:

- النطاق والوقت المخصَّص لكل نشاط اختباري (مثلًا مستوى الاختبار ونوعه).
- درجة تفصيل الوثائق الاختبارية.
- اختيار التقنيات والنُّهُج الاختبارية.
- مدى الأتمتة الاختبارية.
- دور ومسؤوليات المختبِر.

في **النماذج التطويرية التسلسلية**، يحضر المختبِر عادةً مراجعة المتطلبات، والتحليل الاختباري، والتصميم الاختباري. وغالبًا ما يُشرَع في كتابة التراميز ـ أي النصوص البرمجية ـ في المراحل المتأخرة، ولذلك قد لا يكون الاختبار المتحرّك ممكنًا في هذه الحالة.

أمّا في بعض **النماذج التطويرية التكرارية والتدريجية**، فيُتوقَّع أن تُحدِث كل كرّة تقدّمًا إمّا تدريجيًّا في المنتج ذاته، أو على هيئة نموذج أولي تطويري عملي. وغالبًا يمكن إجراء كلٍّ من الاختبار الثابت والاختبار المتحرّك على مختلف مستويات الاختبار في كل كرّة. وإن التسليم المستمر لهذه التدرجات ـ أي الإصدارات الصغيرة الناتجة بعد كل كرّة ـ يستوجب سرعة التجاوب وتطبيق الاختبار التوكيدي غير الموجَّه على نطاق واسع.

وفي **فلسفة تطوير البرمجيات المرِنة**، يُتوقَّع مسبقًا حدوث تغييرات مستمرة طوال فترة حياة المشروع. وللتعامل مع ذلك عمليًّا، يُفضَّل الاكتفاء بمنتوجات أعمال مختصرة، مع الاجتهاد في تمكين الأتمتة الاختبارية وتوسيعها لتسهيل الاختبارات التوكيدية غير الموجَّهة. إضافةً إلى ذلك، فإن معظم الاختبارات اليدوية يُغلَّب في تنفيذها استخدامُ تقنيات الاختبار الحدسي، لكونها لا تتطلب تحليلًا أو تصميمًا اختباريًّا مسبقًا ومكثّفًا.

٢. ١. ٢. الدورة وجيّد الممارسات الاختبارية

إن الممارسات الاختبارية الجيّدة غير مرتبطة بالضرورة بدورة المشروع المختارة، ومن أبرزها ما يلي:

- لكل نشاطٍ تطويريٍّ برمجيٍّ يقابله نشاط اختباري، بما يضمن خضوع جميع الأنشطة لرقابة الجودة.
- لكل مستوى اختباري أهداف محددة وفريدة، وهذا ما يجعل الاختبار شاملًا نسبيًّا مع تجنّب التكرار.
- في بداية كل مرحلة من مراحل الدورة يُشرَع بأعمال التحليل والتصميم الاختباريَّين، وذلك لتحقيق العمل بالتوازي والالتزام بمبدأ الوقت من ذهب (مذكور بالباب ١. ٣.).
- ينبغي للمختبِرين الشروع في مراجعة منتوجات العمل بمجرد توفّر نُسختها الأولية ـ أو ما يُسمّى "المسوَّدة" ـ، إذ إن اختبارها مبكرًا واكتشاف العيوب فيها يساهمان إيجابًا في تطبيق نهج الجرّ إلى المقدمة (مذكور بالباب ٥،١،٢).

٢. ١. ٣. تطوير البرمجيات بالاختبار

إن **التطوير بالاختبار**، **والتطوير باختبار التلبية**، **والتطوير بالسلوك** تُعَدّ نُهُجًا متشابهة، إذ يستخدم كلٌّ منها الاختبار كوسيلة أساسية. وجميعها تطبّق مبدأ الوقت من ذهب (مذكور بالباب ١. ٣.)، وتتبع نهج الجرّ إلى المقدمة (مذكور بالباب ٢. ١. ٥.)، حيث تُحدَّد الاختبارات قبل الشروع في كتابة أي ترميز. وهذه النُّهُج جميعها تُطبَّق في إطار النموذج التطويري التكراري.

ويفصَّل كل نهج على النحو الآتي:

- **التطوير بالاختبار:**
  - يركّز على كتابة الترميز بما يضمن نجاح الحالات الاختبارية، ثم تُستَخدم هذه الحالات كمرجع بديل عن التصميم البرمجي المفصَّل (بِك ٢٠٠٣).
  - تُكتَب الاختبارات أولًا، ثم يُكتَب الترميز بما يضمن نجاحها، وبعدها يُحسَّن كلٌّ من الهيكلة والشكل.
- **التطوير باختبار التلبية:**
  - تُستمد الاختبارات من معايير التلبية، التي تُعدّ جزءًا من عملية تصميم النظام.
  - تُكتَب اختبارات الجزء قبل تنفيذه، بحيث يُنفَّذ ليلبّي اختباره.

- **التطوير بالسلوك:**
  - يُشرَح السلوك المطلوب للبرنامج على هيئة حالة اختبارية مكتوبة بلغة طبيعية مبسَّطة، بحيث تكون مفهومة لدى أصحاب المصلحة. وعادةً ما تُكتَب بصيغة "في حال أن/عندما/فيجب" (شلمسكي ٢٠١٠).
  - تتحوّل هذه الحالات مباشرةً إلى اختبارات قابلة للتنفيذ.

وفي النُّهُج المذكورة أعلاه، يمكن للاختبارات أن تكون مؤتمتة لضمان جودة الترميز عند حدوث التغييرات المستقبلية.

٢. ١. ٤. التطوير التشغيلي واختبار البرمجيات

التطوير التشغيلي هو نهج تنظيمي يهدف إلى التوفيق بين الفريق التطويري (بما يشمل الاختبار) والفريق التشغيلي، ليعملوا سويًا على مجموعة من الأهداف المشتركة. ويتطلّب تطبيق التطوير التشغيلي تغييرًا في ثقافة المنظمة لسدّ الفجوات بين الفريقين، إضافةً إلى التعامل مع وظائف كليهما على قدم المساواة من حيث القيمة.

ويعزّز التطوير التشغيلي استقلالية الفريق، وسرعة التغذية الراجعة، واستخدام سلاسل من الأدوات المتكاملة، فضلًا عن الممارسات التقنية ـ وأبرزها التكامل المستمر والتسليم المستمر (المؤتمت) ـ، مما يتيح للفرق بناء ترميز عالي الجودة واختباره وإطلاقه عن طريق مسار التسليم المشترك، وهو مسار مؤتمت يُبنى لإنجاز الأعمال وفق خطوات متفق عليها (كيم ٢٠١٦).

فوائد التطوير التشغيلي من منظور فريق الاختبار:

- تغذية راجعة سريعة تتعلق بجودة الترميز، واحتمالية إحداث تأثير سلبي بعد التغيير.
- يعزّز التكامل المستمر مبدأ الجرّ إلى المقدّمة (مذكور بالباب ٢. ١. ٥.)، إذ يحفّز المطوّرين على تسليم ترميز عالي الجودة مزوَّدًا بالاختبارات المكوِّنية والتحليل الثابت.
- تساعد العمليات المؤتمتة مثل التكامل المستمر/التسليم المستمر على تأسيس بيئة اختبارية خاصة ومستقرة.
- زيادة الرؤية والوضوح فيما يتعلق بسمات الجودة اللاوظيفية (مثل الأدائيَّة والموثوقيَّة).
- الأتمتة عبر مسار التسليم المشترك تقلّل الحاجة إلى الاختبارات اليدوية المكرّرة.
- تقلّل الأتمتة من خطر الاختبارات التوكيدية غير الموجَّهة متى أصبحت آلية، اعتمادًا على سعتها وشموليتها.

التحديات والمخاطر المرتبطة بالتطوير التشغيلي:

- ضرورة الاتفاق على مسار التسليم المشترك والشروع في تأسيسه.
- وجوب توفير أدوات التكامل المستمر/التسليم المستمر وصيانتها.
- حاجة الأتمتة الاختبارية إلى أدوات إضافية قد يصعب توفيرها أو صيانتها.

وعلى الرغم من أنّ التطوير التشغيلي يوفّر أتمتةً اختباريةً عالية الجودة، فإن الاختبار اليدوي يظلّ ذا قيمة، وخصوصًا عند تقييم تجربة المستخدم.

٢. ١. ٥. أسلوب الجر إلى المقدمة

يُطلق على مبدأ الْوَقْتُ مِنْ ذَهَبٍ (مذكور بالباب ١. ٣.) أحيانًا الجرّ إلى المقدّمة، لأنه نهج يقوم على تنفيذ الاختبار في وقت مبكّر من دورة حياة تطوير البرمجيات. وباختصار، فإن الجرّ إلى المقدّمة هو أسلوب يدعو إلى التبكير بالاختبار (مثلًا: ألّا ننتظر حتى يكتمل الترميز أو تتكامل المكوّنات كليًّا)، وفي الوقت ذاته لا يعني ذلك إهمال الاختبار إن تأخّر.

هناك ممارسات جيّدة تجسّد هذا المبدأ، منها:

- **مراجعة المواصفات** من منظور المختبرين، إذ تكشف عادةً عن أخطاء مقبلة، مثل الغموض أو النقص أو التناقض.
- **كتابة الحالات الاختبارية قبل الترميز**، وتشغيلها في بيئة اختبارية مسخَّرة – أي مجموعة أدوات تسمح بتشغيل الاختبارات بشكل مؤتمت ومنظم.
- **العمل بالتكامل المستمر**، ويفضّل مع التسليم المستمر، لأنه يوفّر تغذية راجعة مباشرة عبر تنفيذ الاختبارات المكوِّنية آليًا في كل مرة يحدث فيها تغيير في مستودعات الترميز.
- **استكمال التحليل الثابت للترميز** قبل الشروع في الاختبار المتحرك، أو جعله جزءًا من عملية مؤتمتة.
- **البدء بالاختبارات اللاوظيفية مبكّرًا**، ابتداءً من مستوى المكوّن، أو متى ما أمكن؛ وهذا شكل من أشكال الجرّ إلى المقدّمة، إذ إن هذه الاختبارات اللاوظيفية اعتيد على إرجائها إلى المراحل المتأخرة، بعد اكتمال النظام وتوفّر بيئة اختبارية مُشرَف عليها.

قد يتطلّب تبنّي الجرّ إلى المقدّمة تدريبًا إضافيًا أو جهدًا وتكاليف مبكّرة في العملية، لكن يُتوقّع أن يوفّر ذلك الكثير من الجهد والتكاليف في المراحل اللاحقة. ومن المهم أن يقتنع أصحاب المصلحة بهذا النهج ويلتزموا بتبنّيه.

٢. ١. ٦. الوقفات التحسينية وتحسين العمليات

قد تُعقد الوقفات التحسينية في نهاية كرةٍ أو مشروع، أو عند مرحلة الإطلاق، بل وربما كلما دعت الحاجة. ويتحدّد تنظيمها وتوقيتها بحسب نموذج الدورة المتَّبع. في هذه الجلسات، يناقش الأعضاء ـ لا المختبرون وحدهم، بل أيضًا المطوّرون والمعماريون التقنيون وملّاك المنتجات ومحللو الأعمال ـ المحاور التالية:

- **ما الذي وُفِّق، وهل ينبغي الاستمرار فيه؟**
- **ما الذي لم يُوفَّق، وكيف يمكن تحسينه؟**
- **كيف يمكن دمج التحسينات والمحافظة على النجاحات مستقبلًا؟**

ينبغي تدوين جميع هذه النقاط، ومن الممكن إدراجها ضمن **تقرير الاكتمال الاختباري** (مذكور بالباب ٥. ٣. ٢.). وتُعَد الوقفات التحسينية ممارسةً أساسية لتجسيد مفهوم **التحسين المستمر**، مع ضرورة متابعة تنفيذ كل اقتراح يُقدَّم فيها.

أما أبرز الفوائد التي يجنيها الاختبار من هذه الوقفات، فهي:

- زيادة الفعالية والكفاءة (مثلًا: عبر تبنّي مقترحات تحسين العمليات).
- تحسين جودة المخرجات الاختبارية (مثلًا: بالمراجعات المشتركة للعمليات).
- تعزيز روح الفريق وتوسيع دائرة التعلّم (مثلًا: بإتاحة الفرصة لطرح المشكلات واقتراح الحلول).
- رفع جودة الأسس الاختبارية (مثلًا: بمعالجة أوجه القصور في دقة المتطلبات وجودتها).
- توطيد التعاون بين التطوير والاختبار (مثلًا: بمراجعة مستوى التعاون وتحسينه بشكل دوري).

٠٢ ٠٢ مستويات الاختبار وأنواعه

المستويات الاختبارية هي مجموعة من الأنشطة التي تُنظَّم وتُدار كوحدةٍ متكاملة. ويُعَد كل مستوى منها بمثابة مثيلٍ مستقل للعملية الاختبارية، يرتبط بالمرحلة الجارية من التطوير، ابتداءً من اختبار الأجزاء المنفردة، مرورًا بالأنظمة الكاملة، وأحيانًا وصولًا إلى أنظمة الأنظمة.

تتأثر هذه المستويات بأنشطة دورة الحياة التطويرية. ففي النماذج التطويرية التسلسلية، تكون **ضوابط انتهاء** كل مستوى منسَّقةً غالبًا بحيث تشكِّل جزءًا من **ضوابط دخول** المستوى التالي، بينما قد لا يكون ذلك ممكنًا في بعض النماذج التكرارية. كما قد يتسع النشاط ليشمل اختباراتٍ على مستويات متعددة، وقد تتداخل بعض هذه المستويات بحيث تُختبَر في الوقت نفسه.

أما **أنواع الاختبار** فهي مجموعات من الأنشطة الموجَّهة نحو سِمةٍ محددة من سمات الجودة. ومعظم هذه الأنشطة قابلٌ للتطبيق على جميع المستويات الاختبارية.

٠٢ ٠٢ ٠١ المستويات الاختبارية

فيما يلي شرح المراتب الاختبارية الأساسية:

- **الاختبار المكوِّني (اختبار الوحدة):** يُعنى باختبار كل مكوّنٍ منفردًا، معزولًا عن غيره. وغالبًا ما يحتاج هذا الاختبار إلى أدوات مساعدة كالأُطُر الاختبارية أو البيئات المسخَّرة. وفي المعتاد يضطلع به المطوِّرون أنفسهم ضمن بيئاتهم التطويرية.
- **الاختبار المكوِّني التكاملي (اختبار تكامل الوحدة):** يركّز على منافذ المكوّنات وتفاعلاتها البينية، ويعتمد على استراتيجية التكامل المتَّبعة، مثل: "من أسفل إلى أعلى"، أو "من أعلى إلى أسفل"، أو "الانفجار العظيم".
- **الاختبار النظامي:** يتحقق من سلوك النظام أو المنتج بكامله وإمكاناته. ويتضمّن عادةً اختبارات وظيفية تغطي المهام من البداية إلى النهاية، واختبارات لا وظيفية تقيس خصائص الجودة (مثل السهولية). يجرى بعد اكتمال النظام وتوفّر بيئة اختبارية ملائمة، وقد تُستخدم المحاكاة عند غياب بعض الأنظمة الفرعية. أحيانًا ينفَّذ بواسطة فريق اختباري مستقل تبعًا لمتطلبات النظام.
- **الاختبار النظامي التكاملي:** يُختبر فيه تفاعل النظام الخاضع للاختبار مع الأنظمة الأخرى أو الخدمات الخارجية. ويستلزم بيئةً اختباريةً مماثلة قدر الإمكان لبيئة التشغيل الفعلية.
- **اختبار التلبية:** هدفه التحقق من جاهزية الإطلاق، أي من أنّ النظام قد لبّى متطلبات المستخدم. والأفضل أن يضطلع به المستخدمون المعنيون أنفسهم. وله صور متعددة، من أبرزها: اختبار التلبية التشغيلي، والتعاقدي، والتشريعي/التنظيمي، إضافةً إلى الاختبارين التجريبيين (الداخلي والخارجي).

أما عن سمات التمييز بين المستويات الاختبارية، فيمكن التفرقة بين المستويات عبر معايير محددة، منها:

- **الخاضع للاختبار.**
- **الأهداف المرجوّة.**
- **الأسس الاختبارية.**
- **أنواع العيوب والأعطال المستهدفة.**
- **النهج والمسؤوليات:** (مثلًا، اختبار المكوّن بعزلة يُعد مسؤولية خاصة بالاختبار المكوِّني).

٢٠٢٠٢ أنواع الاختبار

هناك أنواع اختبارية عدّة يمكن تطبيقها في المشاريع، وأبرز ما تناوله المنهج أربعة أنواع أساسية:

- **الاختبار الوظيفي:** يركّز على التحقّق من المهام أو الوظائف التي يجب أن يؤديها النظام (ماذا يفعل). الهدف الرئيس هو ضمان اكتمال الوظائف وصحّتها وملاءمتها.
- **الاختبار اللاوظيفي:** يعنى بسمات الجودة (إلى أي مدى يُعَد النظام جيدًا). وفق المعيار (آيزو/آي إي سي/آي إي إي إي ٢٩١١٩-١) تشمل السمات:
  - الأدائيَّة.
  - التوافقيَّة.
  - السهوليَّة.
  - الموثوقيَّة.
  - الأمنيَّة.
  - الصيانيَّة.
  - التكيّفيَّة.
  - السلاميَّة.

  يمكن الشروع ببعض هذه الاختبارات مبكرًا (مثلًا في المراجعات أو ضمن الاختبار المكوِّني). وغالبًا تُشتق من الاختبارات الوظيفية، إذ يتطلب اختبار السمة تشغيل الوظيفة نفسها، لكن مع إضافة بُعد الجودة (مثل التأكد من أن تسجيل الدخول صحيح وسهل أو موثوق). جدير بالذكر أنّ العثور على عيوب لاوظيفية يُشكّل تهديدًا كبيرًا لنجاح المشروع، وبعضها يحتاج بيئات متخصصة (كمختبرات قابلية الاستخدام).
- **الاختبار الخارجي (اختبار الصندوق الأسود):** يعتمد على المواصفات الموثّقة دون النظر إلى الهيكلة الداخلية للنظام. غايته التحقق من أن سلوك النظام يطابق ما وُثّق له.

- **الاختبار الداخلي (اختبار الصندوق الأبيض):** يعتمد على البنية الداخلية، كالترميز ومسارات العمل والبيانات. هدفه الرئيس تحسين جودة البنية غير المرئية ورفعها إلى المستوى المقبول.

٢. ٢. ٣. الاختبار التوكيدي الموجّه وغير الموجّه

تكون التغييرات عادةً على مكوِّن أو النظام ككل، وذلك إمّا بالتحسين (إضافة ميزة) أو بالإصلاح (إزالة عيب). تبعًا لذلك، يجب أن يشمل الاختبار شكلين من التوكيد: الموجَّه وغير الموجَّه.

- **الاختبار التوكيدي الموجَّه:** يركّز على التأكد من أن العيب المحدد قد أُصلِح. وتختلف طرق التحقق بحسب خطورة العيب وأهميته، ومنها:
  - إعادة تنفيذ الحالات التي كشفت العيب (الأبسط والأكثر شيوعًا).
  - إعادة تنفيذ الحالات السابقة مع إضافة أخرى جديدة لتغطية التغييرات الناتجة عن الإصلاح.

عند ضيق الوقت أو محدودية الموارد، قد يختصر التوكيدي الموجَّه إلى مجرد إعادة خطوات إثارة العيب، والاكتفاء بالتحقق من أن العطل لم يتكرر.

- **الاختبار التوكيدي غير الموجَّه:** يهدف إلى التأكد من أن باقي النظام لم يتأثر بالإصلاح. فقد يمتد أثر التعديل إلى مكوّنات أخرى أو أنظمة متصلة، بل وقد يشمل البيئة التشغيلية ذاتها. ولتحديد شمولية الاختبار، يُنصح ببدء العمل بـ **التحليل التبعي** الذي يُظهر الأجزاء المحتمل تأثرها.
  - عادةً تُجرى حِزم الاختبار التوكيدي غير الموجَّه عدة مرات، ويتزايد عددها مع كل كرة أو إصدار.
  - يعد هذا النوع مناسبًا جدًا للأتمتة، خاصة عند وجود تكامل مستمر كما في التطوير التشغيلي.
  - يمكن تنفيذ الاختبارات المؤتمتة على مستويات متعددة وفق طبيعة المشروع ومتطلباته.

الاختباران التوكيديان، الموجَّه وغير الموجَّه، كلاهما حاجة ماسّة لجميع المستويات، سواءً لإصلاح العيوب أو لمتابعة تأثير التعديلات.

٠٢ ٠٣ اختبار الصيانة

هناك عدة أشكال للصيانة، فقد تكون صيانة تصحيحية، أو صيانة تكييفيه للتغييرات التي تطرأ على البيئة، أو صيانة لتحسين الأداء، أو صيانة لتحسين قابلية الصيانة (أي لجعل الصيانة المستقبلية أيسر) - يُرجى الاطلاع على المعيار (آيزو/آي إي سي ١٤٧٦٤) لمزيد من التفاصيل. لذا، إجمالًا، يمكن أن تشمل الصيانة الإطلاقات/الإصدارات المخطَّط لها، وكذلك غير المخطَّط لها مثل الإصلاحات العاجلة. ومن الممكن إجراء التحليل التبعي قبل تنفيذ الصيانة، لمعرفة ما إذا كانت ضرورية أم لا، وذلك استنادًا إلى التأثيرات المحتملة على أجزاء النظام الأخرى.

إن اختبار أي تغيير في أي من الأنظمة التشغيلية يتضمن جانبين رئيسيين، هما:

- تقييم مدى نجاح تنفيذ التغيير.
- التأكد من التأثيرات السلبية المحتملة على الأجزاء الأخرى من النظام التي لم يشملها التغيير (أي معظم النظام).

نطاق اختبار الصيانة يتعلّق بالآتي:

- مدى خطورة التغيير.
- حجم النظام المراد التغيير فيه.
- حجم التغيير.

الحالات التي تستدعي الصيانة واختبارات الصيانة يمكن تصنيفها كالآتي:

- **التغييرات**: مثل تحسينات النظام المخططة، أو التغييرات التصحيحية، أو الإصلاحات العاجلة.
- **ترقية أو ترحيل البيئة التشغيلية**: مثل الترحيل من منصة إلى أخرى، مما قد يتطلب اختبارات خاصة بالبيئة الجديدة وبالنظام المعدَّل، أو اختبار اكتمال ودقة وتنسيق البيانات عند ترحيلها إلى نظام في طور الصيانة.
- **التقاعد**: مثل وصول التطبيق إلى نهاية دورة استخدامه. وعند الحاجة إلى بياناته بعد تقاعده، فقد يتطلب الأمر اختبار أرشفة البيانات، إضافة إلى اختبار إجراءات الاستدعاء الكلي أو الجزئي للبيانات بعد الأرشفة، لا سيما إذا استُدعيت أثناء جريان عملية الأرشفة نفسها.

الْاِختبَارُ الثَّابِتُ

الباب الثالث

٠٣ ٠١ أسس الاختبار الثابت

على النقيض من **الاختبار المتحرك**، فإن **الاختبار الثابت** لا يتطلّب تشغيل البرنامج الخاضع للاختبار. فهو يقيّم الترميز، أو مواصفات العمليات، أو مواصفات معمارية النظام، أو أيًا من منتوجات العمل الأخرى، وذلك إما عبر **الفحوص اليدوية** (مثل: المراجعة)، أو عبر الأدوات (مثل: التحليل الثابت). وتتمثّل أهدافه الاختبارية في: تحسين الجودة، واكتشاف العيوب، وتقييم السمات مثل المقروئيّة، والكماليّة، والصحّة، والاختباريّة (أي القابلية للاختبار)، والاتساقيّة. ويمكن تطبيق الاختبار الثابت في كلٍّ من **الصحيّة والمصلحيّة**.

يشارك المختبرون، وممثلو الأعمال (أصحاب المنتجات، محللو الأعمال... إلخ)، والمطورون في العديد من الأنشطة، مثل: **رسومات العلاقة المبسّطة، وكتابة الحويجات، وجلسات تحديث المركم**، لضمان تطابق الحويجات والمنتوجات الأخرى مع ضوابط البدء والانتهاء المحدَّدة مسبقًا (مثل: تعريف الجاهزية (يُذكر بالباب ٠٥ ٠١ ٠٣)). وتُستخدم تقنيات المراجعة لضمان الاكتمال والوضوح، بما في ذلك معايير تلبية قابلة للاختبار. ومن خلال الأسئلة المناسبة، يقوم المختبرون بالاستكشاف والتحدي والمساهمة في تطوير قصة المستخدم المطروحة.

يمكّن **التحليل الثابت** من اكتشاف المشكلات قبل الاختبار المتحرك، وغالبًا بجهود أقل، نظرًا لعدم الحاجة إلى حالات اختبارية، ولتوفر الأدوات التي تُستخدم عادة بشكل اعتيادي. وعادةً ما يُدمج التحليل الثابت ضمن إطار عمل **التكامل المستمر** (يُذكر بالباب ٠٢ ٠١ ٠٤). ورغم أن استخدامه الأكثر شيوعًا هو لاكتشاف عيوب محدودة في الترميز، إلا أنه يُستفاد منه أيضًا في تقييم **قابلية الصيانة والأمان**. ومن الأمثلة البسيطة على أدوات التحليل الثابت: أدوات التدقيق الإملائي وأدوات تقييم قابلية القراءة.

٠٣ ٠١ ٠١ اختباريَّة منتوجات العمل بالاختبار الثابت

يجب أن يعرف القارئ أن الاختبار الثابت هو المظلّة التي يندرج تحتها التحليل الثابت والمراجعة وغيرها من التقنيات التي تخدم فكرته. فالاختبار الثابت ببساطة هو الاختبار دون تشغيل النظام. أما تقنياته فليست سوى تطبيقات تنسجم مع هذا المبدأ وتوفّر حلولًا متنوعة، آلية ويدوية.

تقريبًا كل منتوج عمل قابل للاختبار بالاختبار الثابت. ومن أمثلته: وثائق مواصفات المتطلبات، الترميز المصدري، الخطط الاختبارية، الحالات الاختبارية، عناصر مَركَم المنتج، المواثيق الاختبارية، وثائق المشاريع، العقود والنماذج (سواء المتَّبعة أو الرسومية كالمخططات التوضيحية والعلائقية والبيانية وغيرها).

أما في المراجعة، فأي موضوع يمكن قراءته وفهمه يمكن مراجعته. وليس الحال كذلك بالنسبة للتحليل الثابت، إذ إن منتوجات العمل التي تخضع له (مثل الترميز، النماذج، أو النصوص المعرَّفة بمعايير رسمية) يجب أن تحتوي على قواعد منظمة

وواضحة ليُقيَّم آليًا بالاستناد إليها. مثال ذلك ما يحدث في اللغات البرمجية حين يتعرَّف المحرر على الأخطاء قبل تشغيل الترميز، بفضل التحليل الثابت الذي يُجريه وفق القواعد النحوية للترميز.

أما المنتوجات التي لا يمكن إخضاعها للاختبار الثابت فهي تلك التي يصعب تفسيرها، فلا يمكن للأدوات التعامل معها. وكذلك حين يُمنع قانونيًا أو تعاقديًا تحليلها (مثل ترميز مملوك لطرف ثالث).

٠٣ ٠١ ٠٢ قيمة الاختبار الثابت

يمكن للاختبار الثابت أن يكشف عن الأخطاء مبكرًا في دورة حياة البرمجيات، وبذلك يحقّق أحد مبادئ اختبار البرمجيات (يُذكر في ١,٣). كما يمكنه اكتشاف أخطاء لا يكشفها الاختبار المتحرك، مثل: الترميز مستحيل الوصول، أو الأنماط التصميمية التي لم تُطبَّق كما ينبغي، أو الأخطاء في منتوجات عمل لا تُشغَّل (أي ليست البرمجيات ذاتها).

يوفّر الاختبار الثابت القدرة على تقييم جودة منتوجات العمل والاعتماد عليها. ويتم ذلك عبر التحقق من المتطلبات الموثَّقة، كما يمكن لأصحاب المصلحة التأكد من توافق هذه المتطلبات مع احتياجاتهم. وبما أن الاختبار الثابت يُجرى في وقت مبكر، فإنه يسهم في إيجاد مستوى مشترك من الفهم بين جميع أصحاب المصلحة، ويعزّز التواصل فيما بينهم. ولهذا السبب، يُوصى بشَمل مجموعة متنوعة من أصحاب المصلحة في أنشطة الاختبار الثابت.

ومع ذلك، فإن المراجعة — وهي إحدى تقنيات الاختبار الثابت — قد تكون مكلِفة، بينما تكون التكلفة الإجمالية للمشروع غالبًا أقل عندما تُنفَّذ المراجعات. ويُعزى ذلك إلى تقليل الوقت والجهد اللازمين لإصلاح العيوب إذا اكتُشفت في مراحل متأخرة من المشروع.

كما أن هناك عيوبًا ترميزية يمكن اكتشافها بالتحليل الثابت — وهو بدوره أحد تطبيقات الاختبار الثابت — بكفاءة أعلى من الاختبار المتحرك، مما يقود إلى تقليل كلٍّ من العيوب الترميزية والجهود التطويرية المبذولة.

٠٣ ٠١ ٠٣ الفرق بين الاختبار الثابت والمتحرك

الاختباران الثابت والمتحرك هما بمثابة عينين في رأسٍ واحد؛ فكلٌّ منهما يكشف ما قد يَخفى على الآخر. ورغم تشاركهما في معظم الأهداف — كالمساهمة في اكتشاف العيوب (يُذكر في الباب ٠١ ٠١ ٠١) — إلا أن بينهما بعض الاختلافات، من أبرزها:

- كلا الاختبارين (إضافةً إلى تحليل الأعطال) قادران على اكتشاف العيوب، إلا أنّ هناك أخطاء لا يستطيع الاختبار الثابت كشفها، كما أن هناك أخرى لا يكشفها المتحرك.
- في الاختبار الثابت يُكتشَف العيب مباشرة، بينما في الاختبار المتحرك يظهر العيب على شكل عَطل، ثم تُحدَّد أسبابه لاحقًا بالتحليل.

- في الاختبار الثابت يسهل العثور على العيوب التي تكمن في المسارات البرمجية نادرة التشغيل، والتي يصعب الوصول إليها في الاختبار المتحرك.
- في الاختبار الثابت يمكن إخضاع منتوجات العمل القابلة للتنفيذ وغير القابلة للتنفيذ معًا، بينما يقتصر الاختبار المتحرك على القابلة للتنفيذ فقط.
- يُستخدم الاختبار الثابت لتقييم سمات الجودة التي لا تتطلب تشغيل البرنامج (مثل: قابلية الصيانة)، في حين يُستخدم الاختبار المتحرك لقياس السمات التي تتطلب تشغيله (مثل: الأدائيَّة).

ومن الأمثلة على العيوب الشائعة التي يسهل — وتقلّ تكلفة — اكتشافها عبر الاختبار الثابت:

- عيوب المتطلبات (مثل: التناقض، التعارض، الغموض، النقص، التكرار).
- عيوب التصميم (مثل: هيكل قاعدة بيانات بطيء، تقسيم عشوائي للمكونات).
- عيوب برمجية محدَّدة (مثل: تعريف متغيرات دون قيم، التكرار، التعقيد المفرط).
- مخالفة المعايير (مثل: أساليب تسمية المتغيرات).
- عيوب الواجهات (مثل: ترتيب أو أنواع القيم المُرسلة).
- ثغرات أمنية محددة (مثل: تجاوز سعة المخزن المؤقت).
- فجوات في تغطية الأُسس الاختبارية (مثل: إغفال اختبار معايير التلبية).

٣. ٢. ٠ عملية المراجعة والملاحظة

٣. ٢. ١. ٠ فوائد ملاحظات أصحاب المصلحة المبكّرة المتكرّرة

إن تقديم الملاحظات مبكرًا وبصورة متكرّرة يسهّل الكشف عن مشاكل الجودة المحتملة والتواصل بشأنها. أما إذا قلّت مشاركة أصحاب المصلحة خلال دورة الحياة، فقد لا يلبّي المنتج رؤيتهم السابقة أو الحالية. وحينها قد تنشأ إعادة عمل مُكلفة، أو تتأخر مواعيد التسليم، أو تتبادل الأطراف الاتهامات، بل قد يصل الأمر إلى فشل المشروع برمّته.

إن تكرار الملاحظات طوال الدورة يُزيل سوء الفهم في المتطلبات، ويؤكّد على إدراك التغييرات وتطبيقها مبكرًا. وهذا بدوره يعزّز فهم فريق التطوير لما يبنونه، ويُمكّنهم من تركيز الجهد على الميّزات التي يصنّفها أصحاب المصلحة بأنها الأهم، والأكثر فاعلية في تقليل المخاطر.

٣. ٢. ٢. ٠ أنشطة عملية المُراجعة

المعيار (آيزو/آي إي سي ٢٠٢٤٦) يعرّف عملية المراجعة بإطارٍ منظّم ومرن يراعي الحالات الخاصّة. وفي حال كانت المراجعة بالغة الرسمية، فإنها تتطلّب معرفة أوسع من مجرد المهام المشروحة.

قد لا تغطي جلسة مراجعة واحدة جميع منتوجات العمل، إذ قد تستدعي العملية عقد عدة جلسات لاستكمال المراجعة الكاملة.

فيما يلي أنشطة عملية المراجعة:

- **التخطيط:** في هذه المرحلة يُعرَّف ويُحدَّد نطاق المراجعة، ويشمل:
  - الهدف من المراجعة.
  - لخاضع الاختباري المراد مراجعته.
  - سمات الجودة المطلوب تقييمها.
  - الجوانب المراد التركيز عليها.
  - ضوابط الانتهاء.
  - المستندات المرجعية مثل المعايير.
  - الإطار الزمني والجهود المستثمرة.
- **التجهيز:** الهدف هنا هو ضمان جاهزية كل فرد وكل أداة قبل البدء، ويشمل:
  - تأكيد وصول جميع المشاركين إلى منتوج العمل.

- توضيح أدوار ومسؤوليات كل مشارك.
- التأكد من توفر ما يحتاجه المشاركون لبدء المراجعة.

- **المراجعة الفردية (التمشيط):** يقوم كل مُراجع بتقييم منتوج العمل فرديًا بهدف تقدير جودته، واكتشاف أي انحرافات أو تقديم توصيات أو طرح أسئلة باستخدام تقنيات المراجعة. تُسجَّل جميع الانحرافات والتوصيات والأسئلة.
- **التفنيد:** بما أن الانحرافات المسجَّلة ليست عيوبًا بالضرورة، فإنها تُناقَش وتُحَلَّل لتحديد حالتها وملكيتها والإجراء المطلوب. يُنجَز ذلك عادةً في اجتماع المراجعة، حيث يقيِّم المشاركون جودة المنتوج ويحدِّدون الإجراءات اللازمة، وقد يستدعي الأمر اجتماعًا لاحقًا لإكمالها.
- **التتبع والتوثيق (الترسيخ):** يُنشأ تقرير عيب لكل عيب مكتشف لتمكين تتبّع إجراءاته التصحيحية. وبمجرّد تحقق ضوابط الانتهاء يصبح منتوج العمل مقبولًا، وتُسجَّل نتائج المراجعة في تقرير رسمي.

٣. ٢. ٣. أدوار ومسؤوليات المُراجعة

تشمل المراجعة مختلف أصحاب المصلحة، حيث يشغل كل منهم دورًا محددًا بمسؤوليات واضحة. وفيما يلي الأدوار الرئيسية:

- **المُقرِّر:** يحدِّد خاضع المراجعة ويوفِّر الموارد اللازمة مثل فريق العمل والوقت المخصص للمراجعة.
- **المؤلِّف:** أنشأ منتوج العمل الخاضع للمراجعة، وهو المسؤول عن إدخال التصحيحات المطلوبة عليه.
- **المُنظِّم (المُسَهِّل):** يضمن سير اجتماعات المراجعة بفاعلية، من خلال إدارة الوقت، وتوفير بيئة آمنة يُعبِّر فيها الجميع عن آرائهم بصراحة، إضافةً إلى تسهيل النقاش وحل الخلافات أو النزاعات.
- **المُدوِّن:** يتولى جمع الانحرافات التي يسجلها المراجعون، كما يوثق معلومات المراجعة مثل القرارات والانحرافات المستجدّة.
- **المُراجِع:** يقوم فعليًا بالمراجعة. وقد يكون من أعضاء المشروع نفسه (أي مشاركًا في تطوير منتوج العمل)، أو خبيرًا خارجيًا، أو أي فرد آخر من أصحاب المصلحة.
- **قائد المراجعة:** يتحمّل المسؤولية الكاملة عن المراجعة، بما في ذلك اختيار المراجعين وتحديد الزمان والمكان.

يمكن الاطلاع على تفاصيل إضافية لهذه الأدوار كما ورد في المعيار (آيزو/آي إي سي ٢٠٢٤٦).

٣. ٢. ٤. أنواع المُراجعة

للمراجعة أنواع تتراوح على طيف واسع، من أقصى الرسمية إلى أقصى الودية. يُختار المستوى المناسب استنادًا إلى عوامل متعددة، مثل: دورة حياة تطوير البرمجيات المتبعة، درجة نضج العملية التطويرية، حساسية وتعقيد منتوج العمل الخاضع للمراجعة،

المتطلبات القانونية والتنظيمية، أو الحاجة إلى تدقيق مالي. وقد يُراجَع المنتوج الواحد بعدة أنواع متتابعة، فمثلًا يبدأ بمراجعة ودية تمهيدًا لمراجعة رسمية نهائية.

اختيار النوع المناسب يعد مفتاحًا لتحقيق أهداف المراجعة (يُذكر بالباب ٣. ٢. ٥.). ولا يعتمد هذا الاختيار على الأهداف المرجوة فقط، بل أيضًا على احتياجات المشروع، والموارد المتاحة، وأنواع منتوجات الأعمال ومخاطرها، ومجال العمل، وثقافة الشركة.

فيما يلي بعض الأنواع الشائعة للمراجعة:

- **المراجعة الودية:** لا تتبع منهجية محددة، ولا تستلزم أي مستندات أو مخرجات رسمية. هدفها الأساسي اكتشاف الانحرافات.
- **المرور:** يقوده المؤلِّف، ويمكن أن يحقق عدة أهداف مثل: تقييم الجودة، بناء الثقة في منتوج العمل، تحصيل إجماع حول قضية معينة، توليد أفكار جديدة، وتحفيز وتمكين المؤلفين على التطوير، إضافةً إلى اكتشاف الانحرافات. قد يُطلَب من المراجعين إجراء مراجعة فردية قبل جلسة المرور.
- **المراجعة التقنية:** يقودها وسيط، ويجريها مراجعون ذوو كفاءة تقنية عالية. تهدف إلى تحصيل الإجماع وإنفاذ القرارات المتعلقة بالمشكلات التقنية، مع السعي لاكتشاف الانحرافات، وتقييم الجودة، وبناء الثقة في المنتوج، وتوليد أفكار جديدة، وتحفيز وتمكين المؤلفين.
- **التمحيص:** أكثر الأنواع رسمية، ويتبع الإطار الكامل لعملية المراجعة (يُذكر في ٣,٢,٢). الهدف الأساسي هو اكتشاف أكبر عدد ممكن من الانحرافات، إلى جانب تقييم الجودة وبناء الثقة في المنتوج، وتحفيز وتمكين المؤلفين. تُجمع بيانات التمحيص وتُستخدم لتطوير دورة حياة تطوير البرمجيات، بما يشمل تحسين عملية المراجعة نفسها. في هذا النوع، لا يُسمَح للمؤلف بالنيابة عن قائد المراجعة أو المُدوِّن.

٣. ٢. ٥. عوامل نجاح المُراجعة

هنالك عدة عوامل تحدِّد نجاح المراجعة من عدمه، نذكر منها:

- **تعريف أهداف واضحة وضوابط انتهاء قابلة للقياس:** بحيث لا يكون التقييم شخصيًا أبدًا.
- **اختيار نوع المراجعة المناسب:** بناءً على أهداف المراجعة، وطبيعة منتوجات العمل، وخبرة المراجعين، واحتياجات المشروع وسياقه.
- **تنفيذ المراجعة على أجزاء صغيرة ومتواترة:** لتفادي فقدان المراجعين لتركيزهم أثناء الأنشطة، ابتداءً من المراجعة الفردية وصولًا إلى جلسة المراجعة.
- **مشاركة حصيلة المراجعة مع أصحاب المصلحة والمؤلفين:** ليتمكنوا من تحسين المنتج وعمليات تطويره (يُذكر في ٣,٢,١).

- **إتاحة الوقت الكافي للمراجعين للتجهيز للمراجعة.**
- **دعم إداري/تنفيذي فعّال** لهذا النوع من المبادرات.
- **غرس ثقافة تنظيمية** تشجع على التعلّم وتطوير العمليات، بما في ذلك المراجعة.
- **توفير التدريب والتوعية الكافية للمراجعين** حول أهمية أدوارهم وكيفية أداء وظائفهم.
- **تيسير الاجتماعات وتسهيلها** بما يضمن سيرها بسلاسة وفاعلية.

التَّحْلِيلُ وَالتَّصْمِيمُ

الباب الرابع

٠٤ ٠١ مختصر التقنيات الاختبارية

تدعم تقنيات الاختبار المختبرين في مرحلتين أساسيتين: **التحليل الاختباري** (تحديد ما يجب اختباره)، **والتصميم** (تحديد كيفية اختبار ما يجب اختباره). هذه التقنيات تساعد على إعداد قائمة من الحالات الاختبارية المركَّزة والفعّالة وفق نهج منظّم. كما تساهم أيضًا في تحديد الشروط الاختبارية، وعناصر التغطية، والبيانات الاختبارية أثناء مرحلتي التحليل والتصميم.

يقدّم المعيار (آيزو/آي إي سي/آي إي إي إي ٢٩١١٩-٤) تفاصيل إضافية حول هذه التقنيات، وكذلك المراجع: (بايزر ١٩٩٠، كريغ ٢٠٠٢، كوبلند ٢٠٠٤، كومن ٢٠٠٦، جورجنسن ٢٠١٤، أمان ٢٠١٦، فورقاتش ٢٠١٩).

تُصنَّف تقنيات الاختبار ضمن ثلاث فئات رئيسية:

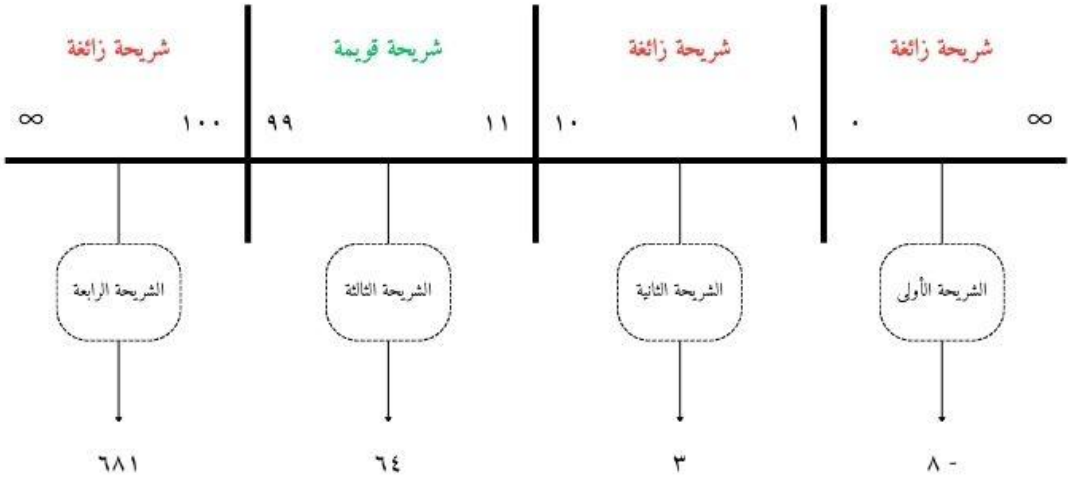
- **تقنيات الاختبار الخارجي (الصندوق الأسود):** تُعرف أيضًا بالتقنيات القائمة على المواصفات. وهي تعتمد على تحليل السلوك الظاهر للخاضع الاختباري دون النظر إلى بنيته الداخلية. وبذلك لا تعتمد الحالات الاختبارية على طريقة برمجة البرنامج، بل على سلوكه المحدَّد. لذا لا يلزم عادةً تحديث الحالات الاختبارية عند حدوث تغييرات برمجية، إلا إذا كان الهدف من التغيير تعديل السلوك نفسه.
- **تقنيات الاختبار الداخلي (الصندوق الأبيض):** تُعرف أيضًا بالتقنيات القائمة على الهيكل/البنية. وهي تعتمد على تحليل البنية الداخلية وآلية المعالجة للخاضع الاختباري. لذلك، تكون الحالات الاختبارية مبنيّة على البنية الداخلية ذاتها، ولا يمكن استخدام هذه التقنيات إلا بعد مرحلة التصميم أو التنفيذ في دورة حياة الخاضع الاختباري.
- **تقنيات الاختبار الحدسي (القائمة على الخبرة):** تعتمد على معرفة وخبرة المختبرين في تصميم وتهيئة الحالات الاختبارية. مدى فعاليتها مرتبط إلى حد كبير بمهارة المختبِر وخبرته العملية. وغالبًا ما تستطيع هذه التقنيات اكتشاف عيوب لم تُكتشف باستخدام تقنيات الصندوق الأسود أو الأبيض، ولهذا فهي تُعَدّ مكملة ومتمّمة لهما.

٠٤ ٠٢ تقنيات الاختبار الخارجي

تقنيات الاختبار الخارجي الأكثر شيوعًا ستُعرَض بشيء من التفصيل في الأقسام الآتية:

- التشريح
- التسوير
- التصفيف
- التحاويل

٠٤ ٠٢ ٠١ التشريح



(نموذج تصوُّري)

تقسِّم تقنية **التشريح** البيانات إلى شرائح بحسب تشابه طريقة معالجتها من قِبَل الخاضع الاختباري. الفكرة أن نجاح أو فشل حالة اختبارية تختبر قيمة من شريحة ما يعني أن باقي القيم في هذه الشريحة ستنتج النتيجة نفسها. بذلك تُعزل القيم في شرائح يعاملها النظام بصورة متشابهة، وتكفي حالة اختبارية واحدة من أي شريحة لضمان التفاعل الصحيح مع جميع معطياتها.

يمكن تطبيق هذه التقنية على أي عنصر بياني متعلق بالخاضع الاختباري، مثل المدخلات، والمخرجات، وعناصر التكوين، والقيم الداخلية، والقيم الزمنية، ومعاملات الواجهة. وقد تكون الشرائح متصلة أو منفصلة، مرتبة أو غير مرتبة، محدودة أو غير محدودة، شريطة ألا تتداخل الشرائح وألا توجد فجوات فيما بينها.

في الحالات البسيطة يكون التشريح مباشرًا، لكن في الممارسة العملية كثيرًا ما يكون سلوك النظام أعقد مما يبدو، مما يستدعي عناية ورويَّة في تقسيم الشرائح. وتُسمى الشريحة التي تحوي قيمًا صحيحة الشريحة القويمة، بينما التي تحوي قيَمًا غير صحيحة تُسمى الشريحة الزائغة. ويختلف تعريف الصحيح والخاطئ بين المنظمات والفرق: فقد يُحدَّد بالاستجابة المتوقعة، أو بما يظهر على الشاشة من رسائل، أو بما هو مذكور في وثائق المواصفات.

في التشريح، **تمثل الشرائح نفسها عناصر التغطية**. ولتحقيق نسبة تغطية كاملة (١٠٠٪)، يجب تنفيذ حالة اختبارية واحدة على الأقل على كل شريحة، كانت أو زائغة. ويُحسب مستوى التغطية بقسمة عدد الشرائح التي جرى اختبارها فعليًا على العدد الكلي للشرائح المكتشفة، ثم التعبير عن الناتج كنسبة مئوية.

في بعض الحواضع الاختبارية (العناصر الاختبارية) يلزم التعامل مع مجموعات متعددة من الشرائح. مثلًا عند اختبار تسجيل الدخول بثلاث معاملات (اسم مستخدم، كلمة مرور، رمز تحقق)، نحتاج إلى ثماني حالات لاختبار جميع التوليفات الممكنة (تحقق/عدم تحقق لكل معامل). لكن للتبسيط يمكن الاكتفاء بـ التغطية الأحادية، وهي معيار يقتضي اختبار كل شريحة مرة واحدة على الأقل دون الجمع بين جميع التوليفات. في مثال تسجيل الدخول، تُختصر الحالات إلى ست بدلًا من ثماني، إذ تُستبعد حالتان لا تضيف فائدة إلا عند اختبار كل الاحتمالات الممكنة.

٠٤ ٠٢ ٠٢ التسوير

(نموذج تصوّري)

التسوير تقنية اختبارية تركز على اختبار القيم التي تقع على حدود الشرائح. وبذلك فهي لا تُطبَّق إلا على الشرائح المتسلسلة والمرتبة. والقيم الحدِّية لأي شريحة هي قيمها الدنيا والقصوى. لفهم الفكرة: إذا وُجدت قيمتان ضمن شريحة واحدة، فكل القيم الواقعة بينهما تنتمي للشريحة ذاتها.

تُولِي هذه التقنية اهتمامًا خاصًا بالقيم الحدِّية لأن المطورين أكثر عرضة لارتكاب الأخطاء عند التعامل مع الحدود. وأكثر العيوب شيوعًا هنا تكون: تجاوز الحد المطلوب (أكبر من اللازم)، أو النزول دونه (أقل من اللازم)، أو إغفال الحد تمامًا.

يُعرض في هذا المقرر نوعان من التسوير: **الثنائي والثلاثي.** والاختلاف بينهما يكمن في عدد العناصر الواجب اختبارها عند كل حد، لتحصيل تغطية كاملة. هما:

- **التسوير الثنائي:** عناصر التغطية هنا عنصران لكل حد: القيمة الحدّية ذاتها، والقيمة المقابلة لها في الشريحة المجاورة. ولتحقيق التغطية الكاملة يجب أن تغطي الحالات الاختبارية جميع القيم الحدّية المكتشفة. ويُحسب مستوى التغطية بقسمة عدد القيم الحدّية المختبَرة على عدد القيم الحدّية المكتشفة، ويُعبر عن الناتج بنسبة مئوية.
- **التسوير الثلاثي:** عناصر التغطية هنا ثلاثة لكل حد: القيمة الحدّية ذاتها، وقيمتها المجاورة في الشريحة نفسها، والقيمة المقابلة لها في الشريحة الأخرى. لذا قد تشمل التغطية قيمًا غير حدّية. ولتحقيق التغطية الكاملة يجب اختبار جميع القيم الحدّية ومجاوراتها المكتشفة. ويُحسب مستوى التغطية بقسمة عدد هذه القيم المختبَرة على مجموعها الكلي المكتشف، ويُعبر عن الناتج بنسبة مئوية.

ويُعدّ **التسوير الثلاثي أكثر جدوى في اكتشاف العيوب**، إذ يكشف ما قد يفوت التسوير الثنائي. على سبيل المثال: إذا صيغ الشرط برمجيًا خطأ على النحو:

إذا كان (س = ١٠) ...

بدلًا من:

إذا كان (س ≤ ١٠) ...

فلن تكتشف بيانات الاختبار المستخلصة من التسوير الثنائي (حيث تُختبر (س=١٠) والقيمة المقابلة (س=١١)) هذا العيب. لكن باستخدام التسوير الثلاثي (بإضافة القيمة المجاورة (س=٩)) يصبح من الممكن اكتشافه.

٤. ٢. ٣. التصفيف

رقم المتطلب	١	٢	٣	٤	٥
البنود					
المستخدم مُصرَّح له	خطأ	صح	صح	صح	صح
المادة الكيميائية متوفرة	غير	خطأ	صح	صح	صح
المادة الكيميائية خطرة	غير	غير	خطأ	صح	صح
المُقدِّم مُدرَّب	غير	غير	غير	خطأ	صح
الإجراءات					

وجب قبول الطلب	حرم	حرم	وجب	حرم	وجب
حرم قبول الطلب	وجب	وجب	حرم	وجب	حرم

(نموذج تصوُّري)

تُستَخدم تقنية **التصفيف** لاختبار تنفيذ المتطلبات عبر توضيح نتائج التوليفات المختلفة من البنود أو الشروط. وتُعَدّ تقنية فعّالة في **تفنيد وتفكيك وتيسير وتدوين** الحالات المنطقية المتداخلة والمعقدة، ومن أمثلتها قواعد العمل التراتبية التنظيمية.

عند تطبيق التصفيف، يجب أن تكون البنود وإجراءات النظام معلومة. هذه المعلومات تُشكِّل **صفوف الجدول**. أما **الأعمدة** فتمثل توليفة فريدة من البنود إلى جانب الإجراء الخاص بها. وهناك نوعان من جداول التصفيف:

- **التصفيف المحدود:** حيث تكون قيم التقاطعات (باستثناء القيم غير ذات الصلة أو غير الممكنة؛ انظر أدناه) عبارة عن: (صح/خطأ).
- **التصفيف الموسَّع:** حيث يمكن أن تأخذ قيم التقاطعات قيمًا متعددة (مثل: نطاق من الأرقام، التشريح، مجموعة قيم منفصلة).

الرموز المتَّبعة في التصفيف هي:

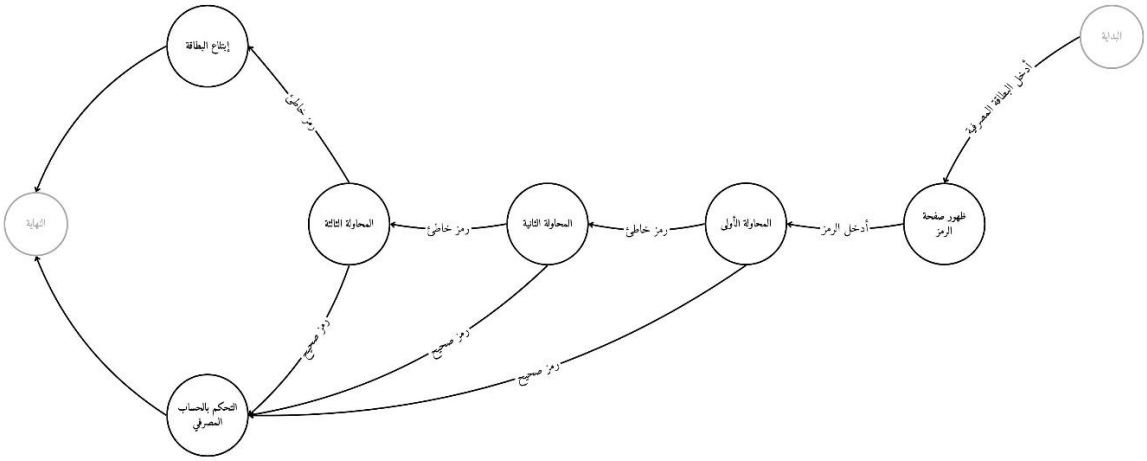
- للبنود: **صح** = الشرط متحقق، **خطأ** = الشرط غير متحقق، **غير** = قيمة الشرط غير ذات صلة بالنتيجة، **محال** = الشرط مستحيل منطقيًا أو عمليًا.
- للإجراءات: **وجب** = الإجراء يجب أن يحدث، **حرم** = الإجراء يجب ألا يحدث.

التصفيف الشامل هو الذي يغطي كل التوليفات الممكنة. ويمكن تبسيط الأعمدة التي تمثل حالات محال حدوثها، كما يمكن دمج أعمدة لغرض الاختصار ما لم يؤثر ذلك على النتيجة. توجد خوارزميات متخصصة لاختصار جداول التصفيف، لكنها خارج نطاق هذا المقرر.

عناصر التغطية هنا هي **الأعمدة** التي تحتوي على توليفات ممكنة من البنود. ولتحقيق التغطية الكاملة يجب أن تُختبَر جميع هذه الأعمدة. ويُحسب مستوى التغطية بقسمة عدد الأعمدة المختبَرة على العدد الكلي للأعمدة الممكنة، ويُعبر عن الناتج بنسبة مئوية.

تكمن قوة هذه التقنية في أنها توفر منهجية منظمة لاستكشاف مختلف التوليفات الممكنة للبنود، حيث إن كثيرًا من هذه التوليفات قد يُتجاهل أو يُغفل عنه عادةً. وهي تساعد كذلك على كشف مشاكل لم تُبيَّن بوضوح في مستندات المتطلبات. ومع ذلك، قد يكون عدد البنود كبيرًا، مما يجعل اختبار جميع التوليفات مكلفًا، إذ إن إضافة بند واحد تضاعف حجم العملية. في مثل هذه الحالات غالبًا يُلجأ إلى أحد حلَّين: اختصار التصفيف أو تطبيق منهجية الاختبار المبني على المخاطر.

٠٤ ٠٢ ٠٤ التحاويل



(نموذج تصوُّري)

تُعَدّ رسومات **التحاويل** التخطيطيّة تمثيلًا لسلوك النظام، إذ تكشف جميع الحالات الممكن أن يكون عليها، إلى جانب الانتقالات الصحيحة بين هذه الحالات. يحدث الانتقال من حالة إلى أخرى عند وقوع حدثٍ ما، ويتحقق هذا الانتقال عادةً بشرط برمجي يُسمّى الشرط الحارس، الذي يضمن حدوث الانتقال فقط عند تحقق الشرط. الانتقالات يُفترض أن تكون فورية وقد تقود البرنامج إلى تنفيذ إجراء معين. والصيغة الشائعة لتسمية الانتقالات هي:

الحدث [الشرط الحارس] / الإجراء

وإذا لم يكن هناك شروط أو إجراءات مرتبطة بانتقال ما، أو لم تكن مفيدة لأغراض الاختبار، فيمكن إغفالها من التسمية.

إلى جانب الرسومات، يمكن التعبير عن التحاويل **بجدول التحاويل**. في هذا الجدول تمثل **الصفوف** الحالات، وتمثل **الأعمدة** الأحداث (مع الشروط الحارسة إن وُجدت). أما **الخلايا** فتمثل الانتقالات والحالة المقصودة، والإجراءات الناتجة إذا حُدِّدت. وفي حين أن الرسم التخطيطي لا يوضح الانتقالات الخاطئة، فإن الجدول يعبّر عنها بخلايا فارغة، وهو ما يمنحه ميزةً إضافية.

تتكون الحالة الاختبارية المبنية على التحاويل (سواء بالتمثيل الرسومي أو الجدولي) من سلسلة من الأحداث تؤدي إلى سلسلة من التحاويل أو تغييرات على الحالة (وربما إجراءات). ولأن الحالة الاختبارية الواحدة قد تشمل عدة حالات وانتقالات، فإنها قد تحقق بمفردها نسبة تغطية كاملة.

هناك عدة معايير للتغطية في تقنية التحاويل، ويغطي هذا المقرر ثلاثة منها:

- **معيار مجموع الحالات:** عناصر التغطية هنا هي جميع الحالات. ولتحقيق التغطية الكاملة يجب أن تغطي الحالات الاختبارية كل حالة على الأقل مرة واحدة. ويُحسب مستوى التغطية بقسمة عدد الحالات المُختبَرة على العدد الكلي للحالات، ويُعبر عن الناتج بنسبة مئوية.
- **معيار ممكن الانتقالات:** عناصر التغطية هي جميع الانتقالات الصحيحة والممكنة. ولتحقيق التغطية الكاملة يجب أن تمر الحالات الاختبارية على كل انتقال صحيح. ويُحسب مستوى التغطية بقسمة عدد الانتقالات الممكنة المُختبَرة على العدد الكلي للانتقالات الممكنة، ويُعبر عن الناتج بنسبة مئوية.
- **معيار مجموع الانتقالات:** عناصر التغطية هي جميع الانتقالات، بما فيها الخلايا في جدول التحاويل. ولتحقيق التغطية الكاملة يجب اختبار جميع الانتقالات. ويُنصح باختبار الانتقالات غير الممكنة في حالات منفصلة، لتفادي احتجاب العيوب (أي منع عيب واحد من كشف عيب آخر). ويُحسب مستوى التغطية بقسمة عدد الانتقالات المُختبَرة على العدد الكلي للانتقالات، ويُعبر عن الناتج بنسبة مئوية.

يُعَدّ **معيار مجموع الحالات** أضعف هذه المعايير، إذ يمكن تحقيقه دون المرور على كل الانتقالات. أما **معيار ممكن الانتقالات** فهو الأكثر استخداماً، وتحقيقه يعني ضمنياً تحقيق معيار مجموع الحالات. وبالمثل، فإن تحقيق **معيار مجموع الانتقالات** يحقق ضمنياً المعيارين الآخرين، لذا يُعَدّ **الحد الأدنى المطلوب في البرامج الحساسة للسلامة.**

٠٤ ٠٣ تقنيات الاختبار الداخلي

لشيوعها وبساطتها، يركّز هذا القسم على تقنيتين داخليتين ترتبطان مباشرة بالرموز البرمجية:

- **السطور**
- **المرور**

مع ذلك، توجد تقنيات داخلية أخرى أكثر دقّة، تُستخدم عادةً في بعض **أنظمة السلامة الحساسة** أو في **البيئات عالية التكامل البرمجي**، حيث يكون الهدف بلوغ نسب تغطية أكبر. كما أن هناك تقنيات تطبَّق على المستويات العليا، مثل **اختبار الواجهات البرمجية**، أو باستخدام معايير تغطية غير مرتبطة بالرمز مباشرة، **كتغطية الخلايا العصبية في اختبار الشبكات العصبية**. غير أن هذه كلها **خارج نطاق هذا المقرر**.

٠٤ ٠٣ ٠١ السطور

في تقنية **السطور**، تكون عناصر التغطية هي **السطور** أو **التعليمات البرمجية التنفيذية**. ويكون الهدف تصميم حالات اختبارية تُجرى على هذه السطور حتى تتحقق النسبة المطلوبة من التغطية. تُحتسب نسبة التغطية بقسمة **عدد السطور التنفيذية المجرى عليها حالة واحدة فأكثر** على **المجموع الكلي للسطور التنفيذية**، ويُعبر عنها على هيئة نسبة مئوية.

وعند تحقيق التغطية الكاملة، فهذا يعني أن جميع السطور التنفيذية قد أُجري عليها اختبار واحد على الأقل. غير أن **تحقيق التغطية الكاملة لا يعني بالضرورة كشف جميع العيوب**؛ فكل ما يضمنه هو أن أي سطر تنفيذي يحوي عيبًا سيُنفَّذ عليه اختبار مرة واحدة على الأقل. لكن قد لا يُكشَف العيب في كل مرة، إذ قد تكون بعض السطور لا يظهر فيها الخلل إلا في ظروف معيّنة، كإدخال أعداد سالبة أو قيم تتجاوز الحدود الطبيعية.

كما أن التغطية الكاملة للسطور **لا تعني تغطية جميع المسارات المنطقية**؛ فعلى سبيل المثال، قد تكون هناك دوال برمجية تُستدعى مرتين بطرق مختلفة وفي أوقات متباينة من مثيرات برمجية متعددة. واختبارها مرة واحدة بطريقة واحدة لا يضمن بالضرورة اختبار جميع مساراتها المنطقية (يُذكر في الباب ٠٤ ٠٣ ٠٢).

٠٤ ٠٣ ٠٢ المرور

يُعرَّف مسار المرور بأنَّه سلسلة القرارات الممكن سلكها في البرنامج، وفق مخطط السيرورة (ويُعرف أيضًا بمخطط تدفّق التحكّم)، الذي يُمثِّل أداةً بصرية لمسارات المرور المحتملة. قد يكون الرمز البرمجي غير مشروط، أي أحاديّ المسار (خَالٍ من القرارات الشرطية التي قد تسوق البرنامج إلى مسار أو سلسلة قرارات دون غيرها)، وقد يكون مشروطًا، أي متعدد المسارات (توجد فيه قرارات شرطية واحدة فأكثر).

في **تقنية المرور** تكون عناصر التغطية هي **مسارات المرور**، ويُصمَّم الاختبار بحيث تغطي الحالات الاختبارية النسبة المطلوبة من هذه المسارات. وتُحتسَب نسبة التغطية بقسمة عدد المسارات التي أُجريَت عليها حالة واحدة فأكثر على مجموع عدد المسارات، ويُعبَّر عن النتيجة بنسبة مئوية.

وعند تحقيق نسبة التغطية الكاملة، تكون جميع المسارات قد خضعت لحالات اختبارية. وتنبع هذه المسارات من القرارات الشرطية التي تتفرّع عادةً إلى:

- نتيجة **صح/خطأ** (مثلًا: قيمة العمر مقبولة ← صح).
- قيم محدودة مُعرَّفة مُسبقًا (مثلًا: اختيار مدينة مذكورة في النظام).
- قرار الاستمرار في حلقة برمجية أو إنهائها (مثلًا: يتوقف النظام عن البحث عند إيجاد النتيجة).

مع ذلك، فإن إجراء حالة اختبارية واحدة لكل مسار لا يضمن اكتشاف جميع العيوب في كل مرة، فقد يتطلب بعض المسارات **تنفيذ سطر بعينه** ليظهر العيب. ويجدر التنبيه إلى أن تقنية المرور تختبر **المسارات المبنية على القرارات الشرطية**، بينما لولا هذه القرارات لكان البرنامج يسير على خط تنفيذي واحد فقط. التقنية لا تغطي جميع الاحتمالات البيانية أو التكرارية التي قد تظهر في ظروف معينة، لذا يبقى احتمال الخطأ واردًا. ومع ذلك، تُعد تقنية المرور **أكفأ من تقنية السطور** في اكتشاف العيوب.

تشبيه توضيحي :التقنية تضمن أن الطريق مُعبَّد وله اتجاه أيمن وأيسر (أي سليم من حيث البنية)، لكنها لا تضمن ألّا يقطع المشاة الطريق فجأة أو أن تصطدم بمركبة أخرى.

تحقيق التغطية الكاملة بتقنية المرور يعني بالضرورة تحقيق التغطية الكاملة أيضًا بتقنية السطور، أما العكس فغير صحيح. إذ يكفي في تقنية السطور المرور على كل سطر مرة واحدة (مثلًا اختيار حالة "صح" دون "خطأ")، بينما تقنية المرور تُلزم باختبار الحالتين معًا، ومن ثم فهي أشمل.

٤. ٣. ٣. أهميَّة الاختبار الداخلي

من أبرز **نقاط القوة** المشتركة بين جميع تقنيات الاختبار الداخلي أنّها تعتمد على **تحليل كامل الرمز البرمجي** أثناء الاختبار، مما يُسهِّل اكتشاف العيوب حتى في حال كانت مستندات المواصفات **غامضة أو قديمة أو غير مكتملة** .والسبب في ذلك أنّ هذه التقنيات ترتكز على الرمز الفعلي لا على المتطلبات المكتوبة.

لكن في المقابل، من **نقاط الضعف** في هذه التقنيات أنّها قد لا تكشف العيوب الناتجة عن **غياب تنفيذ بعض المتطلبات**، إذ إن ما لم يُبرمج أصلًا لا يمكن أن يُكتشَف من خلال هذا النوع من الاختبارات، لأنها لا تُعنى بقراءة المتطلبات التي تُحدِّد ما الذي كان ينبغي أن يُنفَّذ (واطسن ١٩٩٦).

يمكن استخدام تقنيات الاختبار الداخلي أيضًا في **الاختبار الثابت**، مثل إجراء **المحاكاة الجافة للرمز**، وهي ملائمة لمراجعة الأكواد التي لم تُصبح جاهزة للتنفيذ بعد (هرتزل ١٩٨٨)، وكذلك لمراجعة **الرمز الكاذب**، أو **المنطق البرمجي المعقّد** أو **المتسلسل هرميًا**، حيث يمكن نمذجته وتمثيله باستخدام **مخطط السيرورة**.

أما الاختبار الخارجي وحده فلا يقدّم وسيلة لتحقيق **تغطية على الرمز البرمجي** ذاته. في حين أنّ الاختبار الداخلي يقدّم هذه الوسيلة بمقياس **تغطية موضوعي**، إضافةً إلى ما يلزم من معلومات تُبنى عليها اختبارات أخرى تُسهم في زيادة التغطية، وبذلك تزداد الثقة بالرمز البرمجي.

٠٤ ٠٤ تقنيات الاختبار الحدسي

التقنيات الاختبارية المعمول بها في الاختبار الحدسي، والتي ستُناقَش في الأقسام القادمة هي:

- التخمين
- الاستطلاع
- المُطابَقة

٠٤ ٠٤ ٠١ التخمين

التخمين هي تقنية اختبارية تُستخدم لتوقُّع حدوث الأخطاء والعيوب والأعطال، وذلك بالاعتماد على معرفة المُختبِر بالآتي:

- كيفية عمل البرنامج في السابق.
- نوع الأخطاء الشائعة التي يقع بها المبرمجون (الهفوات البشرية)، وما ينشأ عنها من عيوب.
- نوع الأعطال التي سبق أن حدثت، سواء في هذا البرنامج أو في برامج مشابهة.

بصورة عامة، غالبًا ما ترتبط الهفوات والعيوب والأعطال بالآتي:

- **المدخلات** (مثل إدخال قيمة مكررة).
- **المخرجات** (مثل خطأ في عرض النتائج).
- **المنطق** (مثل حالة نادرة لم تُطبَّق).
- **الحساب** (مثل معادلة خاطئة).
- **الواجهات** (مثل مدخل غير متوافق).
- **البيانات** (مثل إسناد خاطئ لنوع القيمة).

إحدى أساليب التخمين هي إدخال قيم غير مقبولة أو خاطئة لرؤية كيفية تعامل النظام معها، وتسمى هذه الطريقة **التعطيل بالتعطيل**، وتُعَدّ الأسلوب التقليدي. أما التخمين ككل، فيتطلب من المُختبِر إعداد أو الحصول على قائمة بالأخطاء والعيوب والأعطال المحتملة، اعتمادًا على خبرته السابقة، والبيانات المتوفرة، أو اطلاعه العام على أسباب تعطل البرمجيات.

٠٤ ٠٤ ٠٢ الاستطلاع

في **تقنية الاستطلاع**، يقوم المُختبِر بتصميم وتنفيذ وتقييم الاختبارات بعفوية وتلقائية مباشرة أثناء رحلته في استكشاف الخاضع الاختباري. تُستخدم هذه التقنية في الحالات التي يُراد فيها الإلمام بالخاضع الاختباري، أو عند الحاجة إلى اختبارات مركَّزة، أو لإنشاء اختبارات لأجزاء لم تُغطَّ بعد.

في بعض الحالات، قد يُدار الاستطلاع ضمن نهج **الاختبار بالجلسات** لغرض التنظيم. في هذا النهج، يُنفَّذ الاختبار ضمن إطار زمني محدد، ويُستخدم **الميثاق الاختباري** الذي يحوي الأهداف الاختبارية لتوجيه الاختبار. عادةً ما تُتبع هذه الجلسات بمناقشات بين المختبِر وأصحاب المصلحة حول نتائج الاختبار. وقد تُعامَل الأهداف الاختبارية كأنها شروط اختبارية تقود الاستطلاع. تُحدَّد عناصر التغطية ويُسعى لتغطيتها أثناء الجلسة. ويمكن للمختبِر استخدام أوراق الجلسة لتوثيق الخطوات المتبعة والاكتشافات التي توصّل إليها.

يُعد الاستطلاع مفيدًا في حال ضعف المواصفات (مثل كونها غامضة أو ناقصة أو غير كافية)، أو عند ضغط الوقت. كما يكون مفيدًا عند استخدامه لاستكمال ما تبقى من عناصر لم تغطَّها الاختبارات الأكثر صرامة. وتظهر فائدة الاستطلاع بأتم صورة عندما يكون المختبِر خبيرًا، واسع المعرفة في مجاله، وعلى مستوى عالٍ من المهارات الأساسية، خصوصًا المهارات التحليلية والفضول والإبداع (يُذكر في الباب ٠١ ٠٥ ٠١).

يمكن لتقنية الاستطلاع أن تستعين بتقنيات اختبارية أخرى ضمن إطارها، مثل **التشريح** على سبيل المثال.

٠٤ ٠٤ ٠٣ المُطابَقة

في **المطابقة**، تُستخدم تقنية اختبارية منظَّمة تعتمد على قوائم اختبارية متخصصة لتغطية جوانب محددة. قد تُبنى هذه القوائم من الخبرة، أو من المعرفة بما يهم المستخدم، أو من الفهم لطبيعة وكيفية تعطل البرمجيات.
ينبغي أن تتجنب القوائم احتواء بنود قابلة للتحقق آليًا، أو معايير دخول وخروج اختبارية لا علاقة لها بالاختبار ذاته، أو بنود عامة وفضفاضة.

عادةً ما تُصاغ بنود قائمة المطابقة على هيئة أسئلة، بحيث يكون بالإمكان التحقق من كل بند بشكل منفصل ومباشر. قد تشير هذه البنود إلى المتطلبات، أو خصائص في الواجهة الرسومية، أو سمات جودة، أو غير ذلك من شروط الاختبار. ويمكن تطبيق تقنية المطابقة على عدد كبير من أنواع الاختبار، بما في ذلك الاختبارات الوظيفية وغير الوظيفية.

مع مرور الوقت، قد تفقد القائمة فعاليتها تدريجيًا، لأن المطورين غالبًا لا يكررون الأخطاء نفسها مرارًا. لذلك قد يكون من الضروري استحداث بنود جديدة للقائمة في ضوء العيوب المكتشفة مؤخرًا. ولهذا السبب يجب تحديث القوائم بشكل دوري بناءً على **تحليل العيوب** .لكن ينبغي توخي الحذر من تضخم القائمة بحيث تصبح أطول من اللازم.

تكتسب هذه التقنية أهميتها بغياب الحالات الاختبارية المفصَّلة والدقيقة، إذ إنها توفر إرشادات ودرجة من الاتساق. وعند تصميم البنود لتكون عامة وواسعة بما يسمح بتنفيذها بعدة طرق، فمن المرجح أن تتباين الاختبارات عند تكرارها. ويُعزى ذلك إلى أن القائمة تترك للمختبِر حرية نسبية في كيفية فحص البند. هذا بدوره يؤدي إلى احتمالية أكبر لاكتشاف التغطية، لكنه يقلل احتمالية تكرار العيب المكتشف بنفس الطريقة. فالحرية شبه المقيَّدة تمنح المختبِر فرصة الغوص في الاختبارات بلا تسلسل محدد، مما قد يُصعّب إعادة استحضار الخطوات التي أظهرت العيب أو الخطأ.

٠٤ ٠٥ نهج الاختبار بالتعاون

كلٌّ من **التقنيات الاختبارية** المذكورة أعلاه (يُذكر بالباب ٠٤ ٠٢، ٠٤ ٠٣، ٠٤ ٠٤) لها هدف محدد فيما يتعلق باكتشاف العيوب. في المقابل، تركز **النهج التعاونية** على **تجنب العيوب وتفاديها استباقيًا**، وذلك من خلال التعاون والتواصل بين مختلف الأطراف المعنية.

٠٤ ٠٥ ٠١ تكاتب الحويجة

تمثِّل **حويجات المستخدم** (وتُعرف أيضًا بقصص المستخدم) الحاجة المرادة أو الميزة القيِّمة لمستخدم النظام. ولها ثلاث جوانب أساسية تُسمَّى **الركائز الثلاث**:

- **التركيز:** هو **التمثيل** المادي الذي تُوصف فيه الحويجة باقتضاب (بطاقة، قصاصة ورقية، قصاصة إلكترونية).
- **التراكز:** هو **التناقش** الذي يُحدَّد به أسلوب إسقاط وتطبيق هذه الحويجة في النظام، مما يفضي إلى كشف المتطلبات المخفية وإزالة الغموض.
- **الارتكاز:** هو **الاعتماد** والإجماع على معايير تلبية الحويجة بعد مناقشتها.

ولكتابة الحويجة، هناك صيغة قياسية شائعة الاستخدام:

(كوني [الصِفة]، أحتاج إلى [الحاجة المرادة]، كي [القيمة المحصَّلة])

مثال تطبيقي: كوني مستخدم، أحتاج إلى تسجيل الدخول، كي أصل إلى ملفي الشخصي.

يمكن الاستعانة بتقنيات مثل **العصف الذهني والخرائط الذهنية** عند كتابة الحويجات. هذا التآزر بين الجهود يساعد الفريق على تكوين رؤية واضحة وموحَّدة حول ما يجب تسليمه، مع مراعاة وجهات نظر الفريق التجاري والإداري والتطويري والاختباري.

الحويجة المُحكَمة هي التي تتصف بما يلي:

- **استقلالية:** تكون مستقلة قدر الإمكان عن الحويجات الأخرى لتقليل الاعتمادية وتسهيل التطوير والاختبار.
- **تفاوضية:** لا ينبغي أن تكون عقدًا صارمًا، بل دعوة للحوار؛ إذ يجب أن تظل تفاصيلها قابلة للتعديل والنقاش.
- **قيِّمة:** تقدم قيمة حقيقية للمستخدم أو العمل، أي تحمل سببًا وجيهًا يبرر تطويرها.
- **منظورة:** يمكن للفريق تقدير الجهد المطلوب لإنجازها.
- **صغيرة:** تكون بالحجم الذي يسمح بتطويرها واختبارها في فترة قصيرة (عادةً دورة تطوير واحدة).

- **اختبارية:** تتوافر طريقة واضحة لاختبارها والتحقق من تحققها.

وإن واجه أحد أصحاب المصلحة صعوبة في تصور كيفية اختبار الحويجة، فقد يكون ذلك مؤشرًا على عدم وضوحها، أو غياب قيمتها، أو ربما حاجته فقط إلى دعم إضافي في كيفية اختبارها.

٤. ٥. ٢. معايير التلبية

معايير التلبية هي مجموعة الشروط الواجب استيفاؤها في تنفيذ الحويجة لاعتبارها ملبَّاةً عند أصحاب المصلحة. ومن المنظور الاختباري، تُعد معايير التلبية بمثابة حالات اختبارية خاضعة وواجبة التنفيذ.

مثال

الحويجة: "كوني مستخدمًا مسجلًا، أحتاج إلى تسجيل الدخول إلى النظام باستخدام بريدي الإلكتروني وكلمة المرور، كي أصل إلى لوحة التحكم الخاصة بي."

- معيار التلبية (١): عند إدخال بريد إلكتروني وكلمة مرور صحيحين، يُوجَّه المستخدم بنجاح إلى صفحة لوحة التحكم.
- معيار التلبية (٢): عند إدخال كلمة مرور خاطئة لبريد إلكتروني مسجَّل، تظهر رسالة خطأ واضحة تفيد بأن "كلمة المرور غير صحيحة".
- معيار التلبية (٣): عند إدخال بريد إلكتروني غير مسجَّل، تظهر رسالة خطأ تفيد بأن "البريد الإلكتروني غير مسجل".
- معيار التلبية (٤): عند ترك حقل البريد الإلكتروني أو كلمة المرور فارغًا والنقر على زر تسجيل الدخول، تظهر رسالة تحذير تطلب إدخال القيم المطلوبة.

يُعمَل بمعايير التلبية عند الحاجة إلى الآتي:

- تطويق الحويجة.
- تحصيل توافق بين أصحاب المصلحة.
- توصيف وتوثيق الحالات الإيجابية والسلبية.
- تأصيل أساس لاختبار تلبية الحويجة.
- تمكين التخطيط والتقدير المُتقَن.

هناك صيغ عدة في كتابة المعايير، وأبرزها اثنتان:

- **الحدثيَّة:** تركز على وصف سلوك النظام في أحداث متسلسلة محددة، كالمستخدمة في التطوير بالسلوك (في حال أن/عندما/فيجب).
- **النُقطيَّة:** تركز على القواعد التي يجب على النظام الالتزام بها أو الخصائص التي يجب أن يمتلكها، وغالبًا ما تكون على هيئة قوائم نقطية أو جداول للمدخلات والمخرجات المتوقعة.

وأغلب ما يُدوَّن من معايير يعتمد على إحدى هاتين الصيغتين. ومع ذلك، طالما أن المعايير محددة بعناية وواضحة، يمكن للفِرَق ابتكار صيغها الخاصة وتداولها.

٤. ٥. ٣. التطوير باختبار التلبية

يُعَدّ **التطوير باختبار التلبية** نهجًا اختباريًا استباقيًا (مذكور في الباب ٢. ١. ٣.).

فيه تُكتَب الحالات الاختبارية قبل تنفيذ الحويجات. ويشارك في كتابتها أعضاء الفريق ذوو وجهات النظر المتنوعة، مثل: العملاء، والمطورين، والمختبرين. وتُنفَّذ هذه الحالات يدويًا أو آليًا.

المرحلة الأولى هي عقد ورشة عمل ذات طابع توصيفي، حيث يكتب الأعضاء الحويجات ومعايير تلبيتها، ثم يناقشونها ويحللونها على حدة. في هذه المرحلة يُكمَّل النقص ويُوضَّح الغموض في الحويجات. يلي ذلك مرحلة كتابة الحالات الاختبارية، والتي قد ينجزها المختبِر أو الفريق ككل. تُبنى هذه الحالات على معايير التلبية، وتُعَدّ بمثابة أمثلة حيّة على كيفية عمل البرنامج. هذا بدوره يساعد الفريق على تطوير الحويجات بشكل صحيح، إذ يدركون منذ البداية كيف ستُختبر لاحقًا.

بإيجاز: معايير التلبية التي **تُستخدم لقيادة التطوير والالتزام بها، هي نفسها التي تُستَخدم كحالات اختبارية.** وهذا ما يميّز التطوير باختبار التلبية والتقنيات المشابهة له.

تُكتَب الحالات الاختبارية عادةً على شكل دفعات. تكون الدفعة الأولى إيجابية، أي تؤكد صحة تطبيق معيار التلبية المكتوب (السلوك الصحيح). ببساطة: التحقق من أن كل ما وُصف يعمل كما وُصف. وبعد استكمال جميع المعايير الإيجابية، تأتي الدفعة السلبية، حيث يُغطّى سلوك النظام في الجوانب اللاوظيفية. لذلك من المهم أن تُكتَب الحالات الاختبارية (أي معايير التلبية) بلغة بشرية وأسلوب مبسّط، وأن تحوي التفاصيل اللازمة مثل: الشروط السابقة واللاحقة، والمدخلات، ... إلخ.

يجب أن تغطي الحالات الاختبارية جميع الحويجات دون تجاوز النطاق الموصوف. وهذا ممكن بفضل شمولية وكفاية التوصيف الحاضر في معايير التلبية. كما يُراعى عدم تكرار استهداف سلوك واحد بأكثر من حالة اختبارية، توفيرًا للوقت والجهد.

وعند الحديث عن الأتمتة: إذا صيغت الحالات الاختبارية (خصوصًا الإيجابية منها) أو معايير التلبية بلغة بشرية مبسّطة، بصيغة توافق متطلبات أي إطار أتمتة اختباري، فإنها تتحول إلى جسر تقني يفهمه النظام لِيُنفّذ التحقق بشكل آلي. وهذا على وجه الخصوص يُغني عن إعادة الاختبارات يدويًا، ويوفر التكاليف المادية والزمنية والبشرية.

إِدَارَةُ الْأَنْشِطَةِ

الباب الخامس

٠٥ ٠١ التخطيط

٠٥ ٠١ ٠١ هدف ومحتوى الخطة الاختبارية

تَهدِف الخطة الاختبارية في كل مشروع اختباري إلى توضيح ثلاثة أمور رئيسية:

- **الأهداف.**
- **الموارد (بشرية، مالية، ... إلخ).**
- **العمليات.**

أما بالنسبة لوظيفة الخطة، فهي:

- توثّق الوسائل المتبعة (مثل التقنيات والنهج) والجدول الزمني اللازم لتحقيق الأهداف.
- تساعد على ضمان مطابقة نتائج الأنشطة للمعايير الموضوعة.
- تشكّل لغة مفهومة ومتفقًا عليها بين مختلف الأطراف المعنية.
- تبرهن الالتزام بالسياسات والإجراءات المعتمدة أثناء الاختبار، أو تُبيّن أسباب عدم الالتزام بها.

عملية التخطيط تدفع المختبِر إلى التفكير الاستباقي، وتضعه أمام التحديات المستقبلية، مثل: المخاطر، الجدولة الزمنية، الموارد البشرية، الأدوات، التكاليف، والجهود. وهذه العملية نافعة لإعادة النظر بعمق في مختلف احتياجات المشروع والأهداف الاختبارية.

يتضمن المحتوى النموذجي للخطة ما يلي:

- سياق الاختبار (النطاق الاختباري، الأهداف الاختبارية، الأسس الاختبارية، ... إلخ).
- افتراضات المشروع وقيوده.
- أصحاب المصلحة (الأدوار، المسؤوليات، علاقتهم بالاختبار، احتياجات التوظيف والتدريب).
- التواصل (آلية التواصل، تواتره).
- سجل المخاطر (مخاطر المنتج، مخاطر المشروع).
- نهج الاختبار (المستويات الاختبارية، الأنواع الاختبارية، التقنيات الاختبارية، المخرجات الاختبارية، ضوابط البدء والانتهاء، استقلالية الاختبار، البيانات المطلوب جمعها، متطلبات البيانات الاختبارية، متطلبات البيئة الاختبارية، الانحرافات عن السياسة أو الاستراتيجية الاختبارية).
- الميزانية والجدول الزمني.

المعيار (آيزو/آي إي سي/آي إي إي إي ٢٩١١٩-٣) يقدّم تفاصيل إضافية عن الخطط الاختبارية ومحتوياتها.

٥. ١. ٢. إسهام المختبر في تخطيط الكرَّة والإصدار

عادةً ما يجرى نوعان من التخطيط في **دورات حياة تطوير البرمجيات التكرارية**، هما:

- **تخطيط الكرَّة.**
- **تخطيط الإصدار.**

يركّز **تخطيط الإصدار** على المدى الأبعد، هادفًا إلى إطلاق المنتج وإصداره. وفي ظل ذلك، يُحدَّد ويُعدَّل **المركَم**، وقد يتخلله تجزئة الحويجات تسهيلًا لإدارتها. كما يُستخدم كأساس للمنهجية والخطة الاختبارية على مدى الكرَّات.

يشارك المختبرون في تخطيط الإصدار بالآتي:

- كتابة حويجات قابِلة للاختبار ومعايير تلبيتها (يُذكر بالباب ٥. ٤).
- المشاركة في تحليل مخاطر المشروع والجودة (يُذكر بالباب ٥. ٢).
- تقدير الجهد الاختباري المطلوب للحويجات (يُذكر بالباب ٥. ١. ٤).
- تحديد النهج الاختباري.
- التخطيط لاختبار الإصدار بأكمله.

بينما يركّز تخطيط الإصدار على المدى الأبعد، فإن **تخطيط الكرَّة** يركّز على المدى الأقصر المتكرر، وهو دورة العمل الواحدة. تُبنى مهام الكرَّة الواحدة من مهام المركَم.

المختبرون المشاركون في تخطيط الكرَّة يساهمون في:

- تحليل المخاطر التفصيلي للحويجات.
- تحديد مدى قابلية الحويجات للاختبار.
- تقسيم الحويجات إلى مهام (خصوصًا المهام الاختبارية).
- تقدير الجهد المطلوب لجميع المهام الاختبارية.
- تحديد وتنقيح الجوانب الوظيفية واللاوظيفية للخاضع الاختباري.

٥. ١. ٣. ضوابط البدء والانتهاء

تُعرَف **ضوابط البدء** بأنها الشروط المسبقة اللازمة للبدء في نشاط معين. وإن لم تُلبَّ هذه المعايير، فغالبًا ما يصبح النشاط صعبًا، طويلًا، مكلفًا، أو عالي المخاطر.

بينما تُعرَف **ضوابط الانتهاء** بأنها الشروط الواجب استيفاؤها للانتهاء من نشاط معين.

ينبغي تحديد ضوابط البدء والانتهاء لكل مستوى اختباري، مع ملاحظة أنها تختلف باختلاف الأهداف الاختبارية.

- تشمل ضوابط البدء الاعتيادية:
  - توفُّر الموارد (كالموارد البشرية، والأدوات، والبيئات، والبيانات الاختبارية، والميزانية، والوقت).
  - توفُّر المخرجات الاختبارية (كالأسس الاختبارية، والمتطلبات القابلة للاختبار، والحويجات، والحالات الاختبارية).
  - الحد الأدنى من الجودة لقبول اختبار الخاضع (كاجتياز نوع معين من الاختبارات المبدئية).
- أما ضوابط الانتهاء الاعتيادية فتشمل:
  - مقاييس الشمولية (كدرجة التغطية الاختبارية، وعدد العيوب غير المحلولة، وكثافة العيوب، وعدد الحالات الاختبارية الفاشلة).
  - الأسئلة المغلقة المباشرة ثنائية الإجابة (نعم/لا) مثل:
    - هل نُفِّذَت جميع الاختبارات؟
    - هل أُجريَ الاختبار الثابت؟
    - هل وُثِّقت جميع العيوب؟
    - هل أصبحت الاختبارات التوكيدية غير الموجَّهة آلية؟

٥.٠١.٠٤ التقنيَّات التقديرية

يقوم التقدير الجهدي على توقع حجم الأعمال الاختبارية ومتعلقاتها اللازمة لتحقيق الأهداف الاختبارية للمشروع الاختباري. من المهم إخطار أصحاب المصلحة والمعنيين بوضوح بأن التقدير مبنيٌّ على افتراضات تخضع للصواب والخطأ. عادة ما تكون الافتراضات للمهام الصغيرة أكثر دقة من الكبيرة، ولذلك فيمكن تجزئة المهمة الكبيرة إلى مهام صغيرة ليسهل تقديرها.

يتضمن هذا المنهج الأربع التقنيات التقديرية الآتية:

تعد **تقنية التقدير القياسي الجمعي** تقنيةً قياسية، تُجمَع فيها البيانات من المشاريع السابقة المشابهة لاستقراء المستقبل، أي المشروع الحالي، فنستنتج منها نسب جهود معيارية متوسطة. وتُعَدّ البيانات التاريخية للمنظمة أفضل مصدر لعملية الاستقراء. فبعد الوصول إلى النسبة المعيارية، يمكن تقدير الجهود الاختبارية للمشروع الجديد بالاستناد إلى تلك النسبة.
مثال: إذا كانت نسبة جهد التطوير إلى جهد الاختبار هي ٣:٢، وكان جهد التطوير المتوقع ٦٠٠ يوم/شخص، فإن التقدير الاختباري سيكون ٤٠٠ يوم/شخص.

تعد **تقنية التقدير القياسي الذاتي** تقنيةً قياسية، تُستَمدّ فيها النسب التقديرية من بيانات المشروع ذاته في مراحله المبكرة. ومع مرور الوقت وتزايد المعلومات المتوفرة، يسهل تقدير المتبقي من الأعمال (وغالبًا باستخدام معادلات رياضية). هذه الطريقة

مناسبة جدًا في دورات حياة التطوير التكرارية، حيث يمكن الاستناد إلى أول ثلاث كرات لتوقّع ما سيحدث في الكرة الرابعة، وهكذا.

تعد **تقنية التقدير الخبروي الاصطلاحي** تكرارية قائمة على خبرات الخبراء. يقدّر كل خبير الجهود بشكل مستقل، ثم تُقارن التقديرات. وإذا وُجد تقدير شاذ يتجاوز الإطار المقبول، يناقَش مع بقية الخبراء، ثم يُعاد التقدير بشكل منفصل مرة أخرى. وتستمر العملية حتى يتوصلوا إلى تقدير مشترك.
وقد تطور هذا المفهوم إلى تقنية أخرى تُسمى **مكاشفة البطاقات**، حيث تُعرَض بطاقات تحمل قيمًا تقديرية، ويختار منها كل خبير ثم يكشفها مع الآخرين في الوقت نفسه.

تعد **تقنية التقدير الخبروي القانوني** قائمةً على الخبراء، حيث يقدِّرون الخبراء فيها ثلاث تقديرات، وهي، التقدير المتفائل، والغالب، والمتشائم. لهذه التقنية عدة نسخ، أما بنسختها الأكثر انتشارًا، فيحسب الخبير قانون التقدير كالآتي،

$$ت = (ف + (غ \times ٤) + ش) \div ٦$$

حيث أن ت: التقدير، ف: التقدير المتفائل، غ: التقدير الغالب، ش: التقدير المتشائم.

والذي يميِّز هذه النسخة عن غيرها هي تمكينها الخبير من الحساب بقانون الخطأ المحتمل (الانحراف المعياري)، كالآتي،

$$خم = (ف - ش) \div ٦$$

حيث أن خم: الخطأ المحتمل، ف: التقدير المتفائل، ش: التقدير المتشائم.

وعلى سبيل المثال لا الحصر، إذا قدَّر الخبراء التقديرات الآتية، ف=٦، غ=٩، ش=١٨، فإن التقدير النهائي سيكون ١٠±٢ (أي من ٨ حتى ١٢). ويبرهن الخبير جوابه كالآتي:

$$ت = (٦ + (٩ \times ٤) + ١٨) \div ٦$$

$$\underline{ت = ١٠}$$

$$خم = (٦ - ١٨) \div ٦$$

$$\underline{خم = ٢}$$

٥. ١. ٥. فرز الحالات الاختبارية

عندما يحدِّد المختبِر الحالات الاختبارية وتسلسلها، ثم يجمعها لتشكِّل حزمة اختبارية، يتمكّن بعد ذلك من فرزها وترتيبها في جدول التنفيذ، حيث تُرتَّب هذه الحزم وفق مسار تنفيذها. وتدخل في عملية الفرز عدة عوامل رئيسية شكَّلت استراتيجيات وأنواع فرزية مختلفة، أهمها:

- **فرز الخطورة:** يفرز المختبِر الحالات وفق مستوى الخطورة، ويستمد معرفته بالخطورة من عملية تحليل الخطر (يُذكر بالباب ٥. ٢. ٣.). وتتقدّم الحالات الأعلى خطورةً إلى التنفيذ أولًا.
- **فرز التغطية العامة:** يفرز المختبِر الحالات وفق نسبة التغطية. وتتقدّم الحالات الأكثر تغطيةً إلى التنفيذ.
- **فرز التغطية الدقيقة:** وهو نوع فرعي أكثر دقة من التغطية العامة. يفرز المختبِر الحالات حسب نسبة التغطية مع مراعاة أسبقية الاختبار. ففي حين أن التغطية العامة قد تسمح بتنفيذ اختبارين متتاليين عاليي التغطية يغطّيان الجزء نفسه تقريبًا، فإن هذا النوع يتفادى ذلك بالتحقق من أن الاختبار اللاحق يغطي ما لم يغطيه السابق، وأنه أوسع تغطية من الذي يليه. تتقدّم إذن الحالات الأكثر تغطيةً والأقل تكرارًا إلى التنفيذ أولًا.
- **فرز المتطلبات:** يفرز المختبِر الحالات وفق أولوية المتطلبات، ويستمد هذه المعرفة من أصحاب المصلحة. فتتقدّم الحالات الأكثر طلبًا من جانبهم إلى التنفيذ.

في الحالات المثالية فقط يمكن فرز الاختبارات حسب أحد الأنواع المذكورة وتنفيذها مباشرة كما هي. أما في الواقع، فقد تعتمد حالة اختبارية "عليا" على نتائج حالة أخرى "دنيا"، مما يجبر المختبِر على تنفيذ الحالة الدنيا أولًا. وتُعرف هذه العلاقات باسم **الاعتماديات.**

كذلك، يُغفل كثيرًا عامل **إتاحة الموارد.** فعلى سبيل المثال، قد تكون هناك حاجة إلى أدوات اختبارية أو بيئات اختبارية أو فرق بشرية متفرغة، وهذه الموارد قد لا تتاح إلا في أوقات محدودة.

٥. ١. ٦. الهرم الاختباري

يُعرَف **نموذج الهرم الاختباري** بأنه نموذج يصوِّر الاختبارات وأنواعها على شكل هرمي، ويرتِّبها بحسب درجة تفصيلها. يساعد هذا النموذج المختبِرين على أتمتة الاختبارات وتوجيه الجهود، وذلك بنذجته كل هدفٍ اختباري بالمستوى الآلي الذي يدعمه.

تمثِّل مستويات الهرم الاختباري مجموعاتٍ من الاختبارات. وكلما ارتفع المستوى هرميًا وضيقت مساحته:

- قلَّت تفاصيله،
- وزادت اعتماديته على المستويات التي تحمله،
- وطال وقت تنفيذه بسبب تلك الاعتمادية.

الاختبارات في **المستوى السفلي** تتميّز بأنها:

- صغيرة وبسيطة،
- قليلة الاعتمادية على غيرها،
- سريعة التنفيذ،
- تستهدف الجذر الوظيفي الأساسي الذي تُبنى عليه المستويات العليا.

ولهذا، فهي ضرورية لتحقيق نسب تغطية معقولة على الأقل. أما الاختبارات في **المستويات العليا** فتتميّز بأنها:

- أكثر تعقيدًا،
- سطحية (تركّز على الاختبار الخارجي)،
- شمولية،
- أبطأ في التنفيذ، لاعتماديتها على عدة أجزاء،
- تختبر عددًا كبيرًا من الوظائف دفعة واحدة.
- وبالتالي، فهي ضرورية أيضًا لكن بكمية أقل لتحقيق تغطية متوازنة.

قد يختلف الهرم الاختباري في عدد مستوياته أو تسمياتها، غير أن جوهره يبقى ثابتًا. لذا فإن استيعاب المفهوم، وفهم كيفية ترابط المستويات ببعضها، وقضاء بعض الوقت في ذلك، يعد خيارًا حكيمًا للمختبِرين. فكل ما يُبنى فوق الأساس لا بد أن يكون مرتبطًا به.

٥. ١. ٧. الأرباع الاختبارية

تقسِّم **الأرباع الاختبارية** المستويات الاختبارية مع الأنواع والأنشطة الاختبارية ومنتوجات الأعمال المناسبة لها ضمن إطار تطوير البرمجيات المرنة. يساعد النموذج الإداريين على إيضاحها لهم ليضمنوا تحقيق المستهدفات على صعيد المستويات أو الأنواع الاختبارية، وعلى معرفة الأنواع المناسبة للمستويات المستهدفة. كما يقدِّم النموذج وسيلةً للتمييز بين الأنواع الاختبارية وشرحها لكل أصحاب المصلحة، بما في ذلك المطورون، والمختبرون، وممثلو الأعمال.

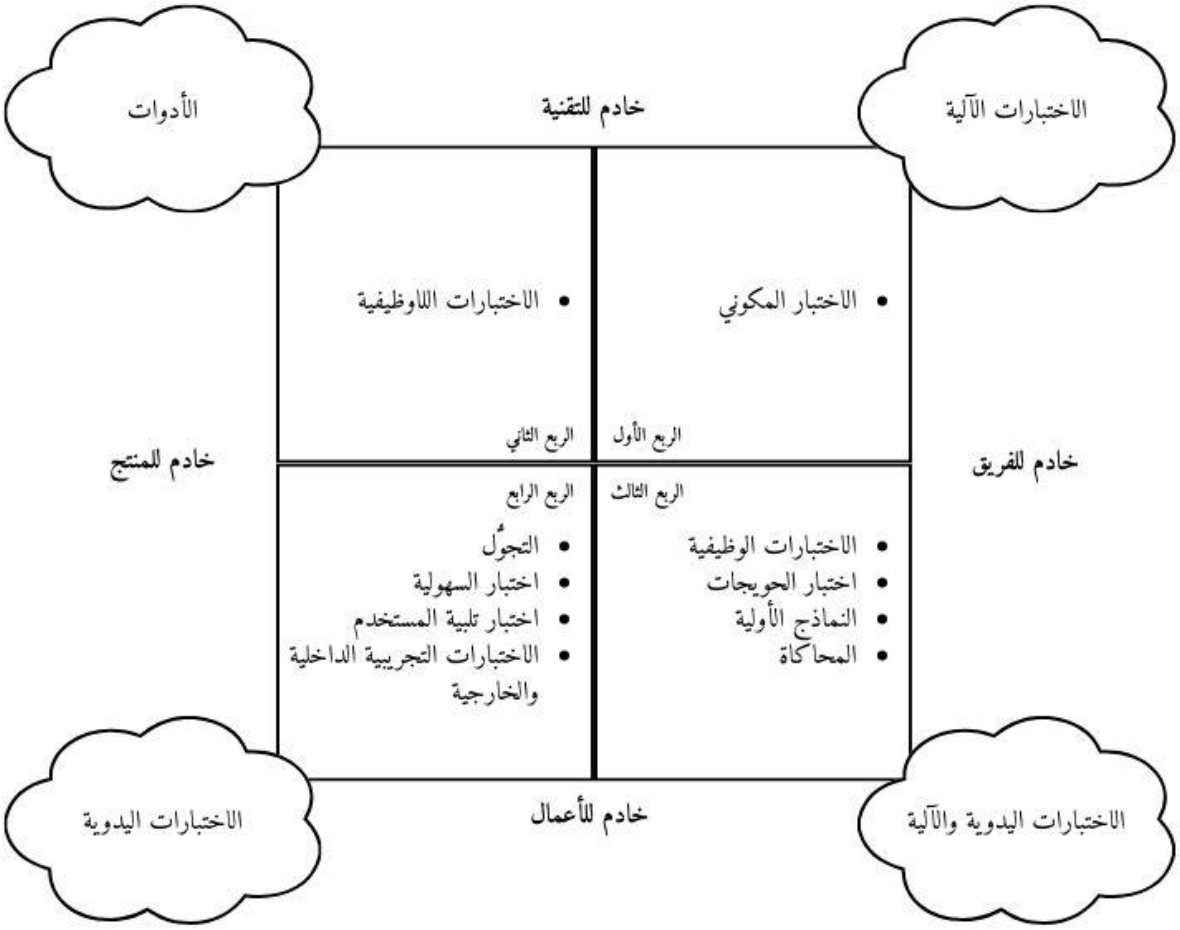
تتكون الاختبارات من وجهتي نظر:

- **الوجهة الأولى** تنظر إليها من زاوية ثنائية: إما أن تكون الاختبارات **خادمة للأعمال بمعزل عن التقنية**، أو **خادمة للتقنية بمعزل عن الأعمال**.
- **الوجهة الثانية** تنظر إليها من زاوية ثنائية أخرى: إما أن تكون الاختبارات **خادمة للفريق بمعزل عن المنتج**، أو **خادمة للمنتج بمعزل عن الفريق**.

توليفات هذه الثنائيات هي ما يشكِّل **الأرباع الاختبارية**، وهي:

- **الربع الأول** (خادم للتقنية، خادم للفريق): يحوي الاختبار المكوّني والاختبار التكامل المكوّني. عادةً ما تكون آلية.
- **الربع الثاني** (خادم للتقنية، خادم للمنتج): يحوي الاختبار البسيط والاختبارات اللاوظيفية عدا السهولية. عادةً ما تكون آلية.

- **الربع الثالث** (خادم للأعمال، خادم للفريق): يحوي الاختبارات الوظيفية، والأمثلة، واختبار الحويجات، والنماذج الأولية لتجربة المستخدم، واختبار الواجهات البرمجية الأمامية، والمحاكاة. هذه الاختبارات تتحقق من معايير التلبية، وقد تكون يدوية أو آلية.
- **الربع الرابع** (خادم للأعمال، خادم للمنتج): يحوي اختبار الاستطلاع، واختبار السهولية، واختبار تلبية المستخدم. هذه الاختبارات موجهة نحو المستخدم وغالبًا ما تكون يدوية.



(نموذج تصوّري)

٠٥ ٠٢ إدارة المخاطر

تواجه المنظمات عدة عوامل داخلية أو خارجية تجعلها غير واثقة من قدرتها على تحقيق أهدافها، أو على توقيت تحقيقها (الآيزو ٣١٠٠٠). تسهم إدارة المخاطر في رفع احتمالية تحقيق الأهداف، وتحسين جودة المنتجات، وزيادة رضا العملاء، وتعزيز ثقتهم.

أنشطة إدارة المخاطر الرئيسية هي:

- **التحليل:** ويتكون من التعرف والتقييم.
- **السيطرة:** وتتكون من التخفيف والمراقبة.

وتسمى الطريقة التي يختار بها المختبِر هذه الأنشطة، ويرتبها، ويديرها، استنادًا إلى تحليله للخطر وتحكمه به، **بالاختبار بالخطر.**

٠٥ ٠٢ ٠١ تعريف الخطر وصفاته

الخطر هو حدث سلبي محتمل، أي الحالة التي يترتب على وقوعها أثر سلبي. يمكن للمختبِر تمييز الخطر بعاملين اثنين:

- **قدر الغرر:** وهو الاحتمالية الرقمِّية لوقوع الخطر.
- **قدر الضرر:** وهو مقدار الأضرار المترتبة على وقوع الخطر.

وهذان العاملان هما ما يُستخدم في تصنيف المخاطر على المقياس الخطري. وبحسب مستوى الغرر والضرر، يتعيّن على المختبِر أن يتعامل مع الخطر.

٠٥ ٠٢ ٠٢ أنواع المخاطر

في مجال اختبار البرمجيات، ينظر المختبِرون إلى المخاطر غالبًا على أنها نوعان:

- **خطر مشروعي**
- **خطر منتجي**

الخطر المشروعي هو الخطر المتعلق بإدارة المشروع، مثل:

- مشاكل تنظيمية (تأخُّر منتوجات الأعمال، تقديرات غير دقيقة).

- مشاكل بشرية (نقص كفاءة المختبِرين، صعوبات التواصل).
- مشاكل تقنية (دعم تقني ضعيف، تمدد غير منضبط في النطاق التقني).
- مشاكل توريدية (إخفاق في التعاون مع طرف ثالث، إفلاس شركة توريد معتمَد عليها).

عند وقوع المخاطر المشروعية قد تتأثر جدولة المشروع أو ميزانيته أو نطاقه، مما ينعكس مباشرةً على قدرة المشروع في تحقيق أهدافه.

الخطر المنتجي هو الخطر المتعلق بجودة المنتج (للجودة سمات معيارية محددة في المعيار (آيزو ٢٥٠١٠)). مثل:

- وظيفة برمجية ناقصة أو مطبقة بشكل خاطئ.
- تقديرات غير صحيحة لسلوك المنتج.
- أخطاء برمجية تظهر أثناء التشغيل.
- هيكلية برمجية ضعيفة.
- خوارزميات حلول غير فعّالة.
- أزمنة استجابة طويلة.
- تجربة استخدام رديئة.
- ثغرات أو ضعف في الأمان.

وتترتب على هذه المخاطر عواقب محتملة، منها:

- استياء العملاء.
- خسائر مالية وسمعة سيئة.
- فقدان الشركاء أو الأطراف الثالثة.
- تكاليف صيانة مرتفعة.
- زيادة الضغط على فرق الدعم الفني.
- دعاوى أو تبعات قانونية.
- في بعض الأنظمة الحرجة (مثل الأنظمة الطبية) قد تصل العواقب إلى **إصابات أو وفيات.**

٠٥ ٠٢ ٠٣ تحليل الخطر المنتجي

من المنظور الاختباري، يهدف **تحليل الخطر المنتجي** إلى رفع الوعي بالمخاطر المرتبطة بالمنتج، بحيث تُوجَّه الجهود الاختبارية على نحوٍ يخفِّف أثرها وتأثيرها. وتُقطف ثمرة التحليل المثلى عند تطبيقه مبكّرًا في الدورة التطويرية.

يتكوَّن تحليل الخطر المنتجي من عمليتين أساسيتين: **تعريف الخطر و تقييمه.**

تعريف الخطر هو العملية التي يدوّن فيها المختبِر قائمة شاملة بالمخاطر لغرض تقييمها وتحليلها لاحقًا. ويجدر بالذكر أن جميع أصحاب المصلحة قادرون على المساهمة في تعريف الأخطاء باستخدام تقنيات وأدوات متعددة، مثل: العصف الذهني، والورش، والمقابلات، ومخطط السببية.

أما **تقييم الخطر** فتتضمن أنشطته ما يلي:

- تبويب وترتيب المخاطر المعرَّفة.
- تقدير غررها (احتمالية وقوعها).
- تقدير ضررها (شدة أثرها).
- فرزها حسب الأولوية.
- اقتراح طرق للتعامل معها.

ويُذكر التبويب والترتيب هنا لعلاقتهما **بالمقلِّصات**، أي الإجراءات التي تقلل ضرر الخطر عند وقوعه. فبترتيب المخاطر وتبويبها، يمكن للمختبِر إسناد المقلِّصات ذاتها للمخاطر المنتمية إلى نفس الباب، مع إمكانية إدخال تعديلات طفيفة عليها.

أما بالنسبة لنهج التقييم، فيمكن للمختبِر اتباع:

- **النهج الكمي:** بحساب مستوى الخطر عبر ضرب مقدار الضرر بالغرر.
- **النهج النوعي:** بتحديد مستوى الخطر عبر المقياس الخطري.
- أو **مزيجًا** بين النهجين.

قد تؤثر نتائج تحليل الخطر المنتجي بشكل مباشر على شمولية الاختبار ونطاقه وغيرهما. ومن أبرز مواضع الاستفادة من هذه النتائج:

- تحديد النطاق الاختباري الرسمي.
- تحديد المستويات الاختبارية واقتراح الأنواع المناسبة منها.
- تحديد التقنيات الاختبارية ونسب التغطية.
- تقدير الجهود الاختبارية لكل مهمة.
- فرز الاختبارات بما يكشف العيوب البرمجية المهمة مبكرًا.
- تبنّي أنشطة تقلل من المخاطر عند الإمكان.

٠٥ ٠٢ ٠٤ السيطرة على الخطر المنتجي

تعرف **السيطرة على الخطر المنتجي** بأنها الإجراءات المتخذة استجابةً للخطر المنتجي المعرَّف والمقيَّم. وهي تتكوَّن من عمليتين أساسيتين:

- **التخفيف:** العملية التي ينفِّذ فيها المختبِر المقلِّصات المعتمَدة في مرحلة تقييم الخطر، وذلك بغرض خفض مستوى الخطر.
- **المراقبة:** العملية التي يتحقق فيها المختبِر من نجاعة المقلِّصات المطبقة، ويجمع معلومات مفيدة لعملية التقييم المستمرة، ويكشف ويعرِّف المخاطر الطارئة.

بعد تحليل المخاطر المنتجية، يمكن للمختبِر أن يستجيب لها بعدة طرق، مثل: التخفيف بالاختبار، أو قبولها، أو نقلها، أو الشروع في إعداد خطة طوارئ.

وفيما يلي بعض الإجراءات الممكنة لتخفيف المخاطر المنتجية بالاختبار:

- اختيار مختبِرين ذوي مستوى الخبرة والمهارة المناسبين، وبما يتناسب مع طبيعة الخطر.
- تحديد درجة الاستقلال الاختباري المناسبة.
- إجراء المراجعات والتحليل الثابت.
- اعتماد التقنيات الاختبارية ومستوى التغطية الملائمين.
- تضمين أنواع اختبارية تستهدف سمات الجودة المسببة للخطر.
- إجراء الاختبار المتحرك، خصوصًا الاختبار التوكيدي غير الموجَّه.

٠٥ ٠٣ المراقبة والسيطرة والاكتمال الاختباري

تُعنى **المراقبة الاختبارية** بجمع المعلومات الاختبارية، إذ تُستخدم هذه المعلومات لتقييم التقدُّم الاختباري ومدى استيفاء ضوابط الانتهاء أو متطلباتها، مثل: تحقيق التغطية للمخاطر المنتجية المستهدفة، أو للمتطلبات، أو لمعايير التلبية.

أما **السيطرة الاختبارية** فتعنى بتوظيف المعلومات الناتجة من المراقبة الاختبارية للتوجيه، وللاسترشاد بها عمومًا، وباتخاذ القرارات التصحيحية اللازمة لتحقيق اختبار فعّال وكفؤ. ومن أمثلة ما قد تتضمنه التوجيهات:

- إعادة فرز الاختبارات إذا لم يُحلّ الخطر المعرَّف وأصبح مشكلة راهنة.
- التأكد من استمرارية استيفاء العنصر الاختباري لضابطي البدء والانتهاء إذا أعيد العمل عليه.
- تعديل الجدول الاختباري لمواكبة جاهزية البيئة الاختبارية.
- توريد اللوازم الاختبارية الأساسية في الزمان والمكان المناسبين.

أما **الاكتمال الاختباري** فيُعنى بجمع البيانات والمخرجات الاختبارية والمعلومات المهمة من الأنشطة المنتهية، بغرض دمجها وتوحيد طريقة الوصول إليها. ويجري المختبِرون هذه الأنشطة عند كل محطة من محطات المشروع، مثل: اكتمال اختبارات مستوى اختباري معيَّن، أو انتهاء كرَّة مرنة، أو اكتمال المشروع كله، أو فشله، أو إطلاق النظام البرمجي، أو إنجاز الإطلاق الصياني.

٠٥ ٠٣ ٠١ المقاييس الاختبارية

يجمع المختبِر البيانات المقياسية لمقارنة التقدُّم الواقعي بعدة جوانب، مثل: مقارنة واقع الجدول والميزانية الاختباريين بالمخطط، وواقع جودة الخاضع الاختباري بالتقدُّم المخطط، وواقع فعالية ومواءمة الأنشطة الاختبارية مع أهدافها. لذا، فإن المراقبة الاختبارية تشمل جمع مقاييس متنوّعة تدعم نشاطي **السيطرة والاكتمال** الاختباريين.

فيما يلي بعض المقاييس الاختبارية الرائجة:

- **مقاييس تقدُّم المشروع:** المهمّات المكتملة، معدل استهلاك الموارد، الجهود الاختبارية.
- **مقاييس التقدُّم الاختباري:** تقدّم تهيئة أو تطبيق الحالات الاختبارية، جاهزية البيئة الاختبارية، عدد الحالات الاختبارية المنفَّذة وغير المنفَّذة، أو الناجحة والفاشلة، والوقت المستغرق لتنفيذ الاختبارات.
- **مقاييس جودة المنتج:** التوافر، سرعة الاستجابة، متوسط الوقت المستغرق قبل الفشل.
- **مقاييس العيوب:** عدد العيوب الحرجة وغير الحرجة المكتشفة والمصلَحة، حساب كثافة العيوب، نسبة اكتشاف العيوب.
- **مقاييس الخطر:** مستوى الخطر القائم.

- **مقاييس التغطية:** تغطية المتطلبات، تغطية الرموز.
- **مقاييس التكلفة:** تكلفة الاختبارات الحالية، والتكاليف المرتبطة بالجودة داخل المنظمة.

٥.٣.٢. التقارير الاختبارية

التقارير الاختبارية هي العملية التي يقوم فيها المختبِر بتلخيص المعلومات أثناء الاختبار وبعده وجعلها قابلة للنشر والنقل.

بالنسبة إلى **تقارير التقدُّم الاختباري**، فهي تدعم السيطرة الاختبارية في اتخاذ القرارات، كما تقدّم المعلومات اللازمة لتمكين القرارات الطارئة الأخرى خارج إطار المخاطر، مثل التعديلات على الجدولة الاختبارية أو الموارد أو الخطة الاختبارية. أما **تقارير الاكتمال الاختباري** فهي تلخّص نشاطًا اختباريًا محددًا، وتقدّم معلومات مفيدة للاختبارات القادمة.

أثناء عمليتَي **المراقبة والسيطرة الاختبارية**، يحافظ الفريق الاختباري على التواصل مع أصحاب المصلحة من خلال إرسال تقارير التقدُّم الاختباري. وتُرسل هذه التقارير بجدولة منتظمة، سواءً أسبوعية أو شهرية أو غيرها.

فيما يلي بعض محتويات تقارير التقدُّم الاختباري:

- اختبارات الفترة.
- التقدّم الاختباري.
- عوائق الاختبار وسبل تجاوزها.
- المقاييس الاختبارية (تستخدم لمعرفة التقدّم، وتُستفاد منها أيضًا في تقارير الاكتمال لاحقًا).
- جديد المخاطر لاختبارات الفترة.
- المستهدف الاختباري للفترة القادمة.

يشرع المختبِر في إعداد **تقرير الاكتمال الاختباري** عند تحقق الاكتمال الاختباري، أي عند إنجاز مستوى أو نوع أو كرة اختبارية، أو عند استيفاء ضوابط الانتهاء. وقد يستمد التقرير محتواه من أكثر من مصدر، منها تقارير التقدُّم الاختباري.

فيما يلي بعض محتويات تقارير الاكتمال الاختباري:

- الملخص الاختباري.
- مقارنة نتائج الاختبارات وجودة المنتج بما خُطِّط له في الخطة الاختبارية.
- الانحرافات عن الخطة الاختبارية.
- العوائق الاختبارية وسبل تجاوزها.
- المقاييس المجموعة من تقارير التقدُّم الاختباري.
- المخاطر والعيوب المتروكة.

- الدروس الاختبارية المستفادة.

يختلف محتوى التقرير ودرجة رسميَّته وتواتره باختلاف المعنيين به؛ فتقرير التقدُّم الموجَّه لزميل مختبِر يكون أكثر تواترًا وأقل رسمية، بينما تقرير الاكتمال يكون ممتثلًا لقالب محدَّد، أقل تواترًا وأكثر رسمية.

المعيار (آيزو/آي إي سي/آي إي إي إي ٢٩١١٩-٣) يقدّم معلومات إضافية وأمثلة وقوالب لتقارير التقدُّم والاكتمال الاختباريين.

٥.٣.٥ التواصل الاختباري

تختلف وسائل التواصل الناجعة للحالة الاختبارية القائمة باختلاف عدد من العوامل، مثل: اهتمامات الإدارة الاختبارية، والاستراتيجيات الاختبارية للمنظمة، والسياسات التنظيمية والقانونية، ومدى الاستقلالية الاختبارية بين فريق وآخر.

وفيما يلي بعض أهم وسائل التواصل:

- **التواصل الحي:** يتم حضوريًا، كالتحدّث المباشر أو باستخدام لغة الإشارة.
- **التواصل الافتراضي:** يتم عبر القنوات الافتراضية، مثل البريد الإلكتروني أو مايكروسوفت تيمز.
- **التواصل الحي التقريري:** باستخدام تقارير ورقية رسمية، مثل طباعة تقارير التقدّم وإرسالها للإدارة.
- **التواصل الافتراضي التقريري:** باستخدام تقارير رسمية افتراضية، مثل رفع التقارير على المنصات السحابية.
- **التواصل البياني:** باستخدام أشكال أو لوحات بيانية، سواء افتراضية أو حية (مثل لوحات التحكم الافتراضية أو لوحات الكانبان وعزم).

وبطبيعة الحال، قد يستخدم المختبِر أكثر من وسيلة في آن واحد. وغالبًا كلما ازداد البُعد الجغرافي بين الفرق، يميل المختبِرون إلى الوسائل الأكثر رسمية نظرًا لتكاليف التواصل المباشر واختلاف المناطق الزمنية وغيرها. وبشكل عام، تختلف المعلومات المطلوبة باختلاف أصحاب المصلحة، لذا ينبغي على المختبِر المكلَّف بالتواصل أن يأخذ ذلك في الحسبان.

٥.٤. الضبط

مفهوم **الضبط**، أو كما يُسمَّى أيضًا إدارة المكونات، ليس مقتصرًا على مجال اختبار البرمجيات، بل يُعَدّ أحد أهم جوانب الإدارة عمومًا. أما في سياق اختبار البرمجيات، فإن ضبط المكونات الاختبارية هو أسلوب منظَّم يهدف إلى **تعريف المنتوجات، والسيطرة عليها، وتتبعها.**

ويقصد بالمنتوجات هنا أي **منتوجات أعمال**، مثل: الخطط، الاستراتيجيات، الحالات، النصوص البرمجية، النتائج، السجلات، والتقارير الاختبارية. فجميع هذه المنتوجات تُعَدّ مكونات تقع تحت إدارة الضبط.

قد تكون بعض المكونات معقدة، مثل **البيئة الاختبارية**، فهي عنصر يضم في داخله عدة عناصر مترابطة. لذلك ينبغي على المختبِر المكلَّف بالضبط أن يسجّل عناصر البيئة الاختبارية، وعلاقاتها ببعضها، ونسخها. وحالما يتفق المعنيون على هذا العنصر، يُعتمد رسميًا ويصبح عنصرًا معتمدًا لا يمكن تغييره إلا عبر **طلب تغيير رسمي**.

يحفظ الضبط الماضي والحاضر معًا في سجلاته؛ فعند اعتماد أي عنصر جديد، تبقى السجلات السابقة محفوظة. ومن الوارد أن يُعاد الاعتماد من النسخة الأحدث إلى نسخة أقدم كانت معتمدة، إما لأهداف اختبارية أو تحقّقية، أو لتجنُّب أخطاء اكتُشفت في النسخة الحالية.

وفيما يلي بعض السبل لإفادة الاختبارات من الضبط على النحو الأمثل:

- ينبغي على المختبِر المسؤول عن الضبط أن يعرِّف كل العناصر الاختبارية ويحدِّدها، ويضبط نسخها وإصداراتها وتحديثاتها، ويربطها بما يلزم من العناصر الأخرى لتيسير تتبُّعها.
- ينبغي عليه أن يشير بوضوح إلى كل المستندات والعناصر البرمجية المعرَّفة ضمن المخرجات الاختبارية المضبوطة.

وعادةً تكون النسخ والإصدارات والإحصاءات البرمجية المهمة **مضبوطة تلقائيًا** ضمن مسار التشغيل الآلي، حيث يجري التكامل والتسليم والإطلاق والاختبار بشكل مستمر ومؤتمت ومنضبط.

٥.٥ ضبط العيوب

بما أن **إيجاد العيوب** هو الهدف الأهم، فإن تطبيق عملية ضابطة للعيوب يُعَدّ أمرًا أساسيًا. ورغم أننا نستخدم هنا كلمة عيب، إلا أنه قد يكون في بعض الحالات ليس عيبًا حقيقيًا، مثل العيب الإيجابي (كإضافة أكثر مما ينبغي). مثل هذه الحالات تُحلّ من قِبَل المعنيين أثناء معالجتهم لتقارير العيوب.

يمكن للمختبِرين رفع العيوب خلال أي مرحلة من مراحل الدورة التطويرية، غير أن طريقة الرفع تختلف باختلاف الدورة. ولا بد، في أبسط عملية لضبط العيوب، من وجود **مسار عمل واضح** يتعامل فيه المعنيون مع العيب منذ اكتشافه وحتى إغلاقه، بما في ذلك وجود **نظام تصنيفي** يحدّد مدى أهمية العيوب وحرجها.

ينبغي أن يتضمن مسار العمل أنشطة واضحة، مثل: تسجيل العيوب والانحرافات، تحليلها، تصنيفها، ثم إما اعتمادها أو استبعادها من التقرير، وأخيرًا اعتماد التقرير وإرساله. ويجب أن يسري هذا المسار على جميع المعنيين وأصحاب المصلحة. وغالبًا ما يُظن أن هذا المسار يختص فقط بالأخطاء البرمجية الخارجية (مثل خطأ تسجيل الدخول)، ولكن في الحقيقة من الأفضل أن يشمل **جميع أنواع العيوب**: الداخلية والخارجية، المتحركة والثابتة، خصوصًا تلك الناتجة من التحليل الثابت.

الأهداف الاعتيادية لتقارير العيوب الاختبارية:

- تقديم أهم المعلومات للمعنيين بالعيوب بأفضل صيغة ممكنة، لمساعدتهم على حلّ المشاكل والتعامل معها.
- إيجاد وسيلة لتتبّع جودة منتوجات الأعمال.
- اقتراح أفكار لتطوير جانبي الاختبار والتطوير.

محتويات تقرير العيوب الاختباري المتحرك (أي الذي يُكتَب خلال الاختبار المتحرك):

- رمز فريد لتعريف كل عيب.
- عنوان واصف للعيب.
- ملخّص قصير عن العيب.
- تاريخ اكتشاف العيب.
- المُكتشِف (جهة أو فرد).
- كاتب التقرير ومنصبه.
- الخاضع الاختباري (مع الإشارة إلى الضبط، لمن أراد التفصيل).
- البيئة الاختبارية (مع الإشارة إلى الضبط، لمن أراد التفصيل).
- السياق الاختباري (مثل النشاط الاختباري الراهن، أو مرحلة الدورة، أو الحالة الاختبارية، إلخ).
- شرح العيب.

- خطوات إعادة توليد العيب.
- المصادر (مثل الصور أو التسجيلات).
- النتيجة المتوقعة (ما كان المختبِر يتوقع أن يحدث).
- النتيجة الواقعة (ما حدث فعلياً عند التنفيذ).
- الإعاقة البرمجية (مدى إعاقة العيب لبقية وظائف البرنامج).
- الأهمية الإصلاحية (درجة أهمية إصلاح العيب).
- حالة العيب (مفتوح، مكرر، تحت الإصلاح، إلخ).
- مصادر إضافية (مثل ربط الحالة الاختبارية ذات العلاقة من ملف الحالات).

قد تبدو كمية المعلومات المطلوبة كبيرة، لكن في الواقع هناك أدوات متخصصة لضبط العيوب تساعد على تسجيل معظم هذه البيانات تلقائيًا (مثل التاريخ، الكاتب، أو ربط العيب بالحالة الاختبارية).

المعيار (آيزو/آي إي سي/آي إي إي إي ٢٩١١٩-٣) يقدّم معلومات إضافية وأمثلة وقوالب لتقارير العيوب، ويشير أحيانًا إلى تقرير العيوب بمسمى **تقرير الحوادث** في اللغة الإنكليزية.

الأَدَوَاتُ

الباب السادس

٠١٠٦ أدوات تدعم الاختبار

لاختبار البرمجيات العديد من الأدوات التي تُسهِّل وتدعم الأنشطة الاختبارية. وفيما يلي بعض الأمثلة، على سبيل الذكر لا الحصر:

- **أدوات الضبط الاختباري:** ترفع كفاءة العمليات الاختبارية من خلال تسهيل ضبطها وإدارتها.
- **أدوات الاختبار الثابت:** تساعد المختبِر على إجراء المراجعات وأنشطة الاختبار الثابت.
- **أدوات التصميم والتهيئة الاختبارية:** تيسّر إنشاء الحالات الاختبارية، وبياناتها، وإجراءاتها.
- **أدوات التنفيذ والتغطية الاختبارية:** تدعم تنفيذ الاختبارات الآلية وقياس مستوى تغطيتها.
- **أدوات الاختبار اللاوظيفي:** تمكّن المختبِر من إجراء الاختبارات اللاوظيفية التي قد تكون مستحيلة أو صعبة يدويًا.
- **أدوات التطوير التشغيلي:** تدعم مسار التسليم المشترك، وتتبّع المسار، وإجراءات البناء البرمجي الآلي، والتكامل، والتسليم، والإطلاق المستمر.
- **أدوات التعاون:** تسهِّل التواصل بين أعضاء الفريق وأصحاب المصلحة.
- **أدوات داعمة للتوسّع ومعايرة التسليم:** مثل الآلات الافتراضية، والمحاكيات، وأدوات الحاويات.
- **أدوات أخرى مساندة:** تساهم بشكل غير مباشر في دعم الاختبار، مثل أدوات جداول البيانات.

٠٦ ٠٢ مغارم ومغانم الأتمتة الاختبارية

امتلاك المختبِر لأي أداة لا يضمن نجاحها. فكل أداة، أو فكرة، أو فلسفة جديدة تحتاج إلى بذل جهد قبل أن تجني ثمارها الواقعية طويلة الأمد، مثل: شرحها للمختبِرين بوضوح، وتدريبهم عليها، والاستمرار في تطويرها وصيانتها. وهناك أيضًا جانب المخاطر، إذ إن لكل أداة مخاطر يجب تحليلها والسعي إلى تقليصها.

مغانم الأتمتة الاختبارية:

- توفير الوقت عبر تقليل العمل اليدوي المتكرر (مثل الاختبارات التوكيدية غير الموجَّهة).
- تقليل الهفوات البشرية (مثل الخطأ في ترتيب تنفيذ الحالات).
- تقديم مقاييس تقييم أكثر موضوعية وأكثر تعقيدًا مما يستطيع البشر إنجازه يدويًا.
- تسهيل وصول المعنيين إلى المعلومات (مثل الرسوم البيانية والتقارير اللحظية).
- تقليل وقت تنفيذ الاختبارات، مما يساهم في تسريع اكتشاف العيوب، وتقديم تغذية راجعة أسرع، وتقريب موعد طرح المنتج في السوق.
- إتاحة وقت المختبِرين للتركيز على مهام أكثر أهمية وعمقًا وفعالية.

مغارم الأتمتة الاختبارية:

- توقعات مبالغ فيها حول المغانم الممكنة من الأداة.
- تقديرات غير دقيقة للزمن والمال والجهد المطلوب لتطبيق الأداة وصيانتها.
- استخدامها في مواقف كان الأنسب فيها الاختبار اليدوي.
- الإفراط في الاعتماد على الأداة على حساب التفكير النقدي للمختبِر.
- الارتباط المفرط بمالك الأداة، الذي قد يتوقف عن دعمها في أي وقت.
- استخدام أداة مفتوحة المصدر قد تتوقف تحديثاتها وتفقد فعاليتها.
- عدم توافق الأداة مع البيئة التطويرية القائمة.
- اختيار أداة لا تلتزم بالمتطلبات أو بالمعايير التنظيمية (مثل متطلبات السلامة أو القوانين).

الفَهْرَس

رِسَالَةٌ مِنَ الْمُتَرْجِمِ ٢

حُقُوقُ الْمَشْرُوعَينِ وَأَهْدَافِهِمَا ٥

أَسَاسِيَّاتُ اِختبَارِ الْبَرْمَجِيَاتِ ٧

١٠١٠ ماهية اختبار البرمجيات ٨

١٠١٠١٠ أهداف اختبار البرمجيات؟ ٨

١٠١٠٢٠ اختبار البرمجيات والتصحيح ٩

١٠٢٠ أهمية اختبار البرمجيات ١٠

١٠٢٠١٠ مساهمة اختبار البرمجيات في النجاح ١٠

١٠٢٠٢٠ اختبار البرمجيات وضمان الجودة ١٠

١٠٢٠٣٠ الهفوات والعيوب والأعطال والمسببات الجذرية ١١

١٠٣٠ مبادئ اختبار البرمجيات ١٢

١٠٤٠ أنشطة الاختبار ومخرجاته وأدواره ١٣

١٠٤٠١٠ أنشطة الاختبار ومهامه ١٣

١٠٤٠٢٠ سياقيَّة عملية الاختبار ١٤

١٠٤٠٣٠ المخرجات الاختبارية ١٥

١٠٤٠٤٠ التتبعيّة ما بين الأُسس والمخرجات الاختبارية ١٦

١٠٤٠٥٠ الأدوار في الاختبار ١٦

١٠٥٠ المهارات اللازمة وجيّد الممارسات ١٨

١٠٥٠١٠ مهارات عامة متطلّبة ١٨

١٠٥٠٢٠ أسلوب الفريق الكامل ١٨

١٠٥٠٣٠ استقلاليّة اختبار البرمجيات ١٩

الْاِختبَارُ فِي الدَوْرَةِ ٢٠

٢٠١٠ اختبار البرمجيات داخل سياق الدورة ٢١

٢٠١٠١٠ تأثير الدورة على اختبار البرمجيات ٢١

٢٠١٠٢ الدورة وجيّد الممارسات الاختبارية ٢٢
٢٠١٠٣ تطوير البرمجيات بالاختبار ٢٢
٢٠١٠٤ التطوير التشغيلي واختبار البرمجيات ٢٣
٢٠١٠٥ أسلوب الجر إلى المقدمة ٢٤
٢٠١٠٦ الوقفات التحسينية وتحسين العمليات ٢٤
٢٠٢٠ مستويات الاختبار وأنواعه ٢٦
٢٠٢٠١ المستويات الاختبارية ٢٦
٢٠٢٠٢ أنواع الاختبار ٢٧
٢٠٢٠٣ الاختبار التوكيدي الموجّه وغير الموجّه ٢٨
٢٠٣٠ اختبار الصيانة ٢٩
الْاِختبَارُ الثَّابِتُ ٣٠
٣٠١٠ أسس الاختبار الثابت ٣١
٣٠١٠١ اختباريَّة منتوجات العمل بالاختبار الثابت ٣١
٣٠١٠٢ قيمة الاختبار الثابت ٣٢
٣٠١٠٣ الفرق بين الاختبار الثابت والمتحرك ٣٢
٣٠٢٠ عملية المراجعة والملاحظة ٣٤
٣٠٢٠١ فوائد ملاحظات أصحاب المصلحة المبكّرة المتكرّرة ٣٤
٣٠٢٠٢ أنشطة عملية المُراجعة ٣٤
٣٠٢٠٣ أدوار ومسؤوليات المُراجعة ٣٥
٣٠٢٠٤ أنواع المُراجعة ٣٥
٣٠٢٠٥ عوامل نجاح المُراجعة ٣٦
التَّحْلِيلُ وَالتَّصْمِيمُ ٣٨
٤٠١٠ مختصر التقنيات الاختبارية ٣٩
٤٠٢٠ تقنيات الاختبار الخارجي ٤٠
٤٠٢٠١ التشريح ٤٠
٤٠٢٠٢ التسوير ٤١
٤٠٢٠٣ التصفيف ٤٢
٤٠٢٠٤ التحاويل ٤٤

٤٠٣٠ تقنيات الاختبار الداخلي ٤٦
٤٠٣٠١٠ السطور..... ٤٦
٤٠٣٠٢٠ المرور..... ٤٦
٤٠٣٠٣٠ أهميَّة الاختبار الداخلي ٤٧
٤٠٤٠ تقنيات الاختبار الحدسي ٤٩
٤٠٤٠١٠ التخمين..... ٤٩
٤٠٤٠٢٠ الاستطلاع ٥٠
٤٠٤٠٣٠ المُطابَقة ٥٠
٤٠٥٠ نهج الاختبار بالتعاون..... ٥٢
٤٠٥٠١٠ تكاتب الحويجة ٥٢
٤٠٥٠٢٠ معايير التلبية ٥٣
٤٠٥٠٣٠ التطوير باختبار التلبية ٥٤
إِدَارَةُ الْأَنْشِطَةِ ٥٥
٥٠١٠ التخطيط..... ٥٦
٥٠١٠١٠ هدف ومحتوى الخطة الاختبارية ٥٦
٥٠١٠٢٠ إسهام المختبر في تخطيط الكرَّة والإصدار..... ٥٧
٥٠١٠٣٠ ضوابط البدء والانتهاء ٥٧
٥٠١٠٤٠ التقنيَّات التقديرية..... ٥٨
٥٠١٠٥٠ فرز الحالات الاختبارية..... ٥٩
٥٠١٠٦٠ الهرم الاختباري ٦٠
٥٠١٠٧٠ الأرباع الاختبارية..... ٦١
٥٠٢٠ إدارة المخاطر..... ٦٣
٥٠٢٠١٠ تعريف الخطر وصفاته ٦٣
٥٠٢٠٢٠ أنواع المخاطر..... ٦٣
٥٠٢٠٣٠ تحليل الخطر المنتجي ٦٤
٥٠٢٠٤٠ السيطرة على الخطر المنتجي..... ٦٦
٥٠٣٠ المراقبة والسيطرة والاكتمال الاختباري ٦٧
٥٠٣٠١٠ المقاييس الاختبارية..... ٦٧

٥.٣.٢٠ التقارير الاختبارية ٦٨
٥.٣.٣٠ التواصل الاختباري ٦٩
٥.٤٠ الضبط ٧٠
٥.٥٠ ضبط العيوب ٧١
الأَدَوَاتُ ٧٣
٦.١٠ أدوات تدعم الاختبار ٧٤
٦.٢٠ مغارم ومغانم الأتمتة الاختبارية ٧٥

وَسِعْتُ كِتَابَ اللَهِ لَفظًا وَغايَةً وَما ضِقْتُ عَن آيٍ بِهِ وَعِظاتِ

فَكَيفَ أَضيقُ اليَومَ عَن وَصفِ آلَةٍ وَتَنسيقِ أَسْماءٍ لِمُخْتَرَعاتِ