

08.03.2023

מהנדס אמינות מוסמך

ICRE -Israeli Certified Reliability Engineer

כללי

ההסמכה להנדסת איכות מהווה הכרה בידע וביכולת המקצועית בנושאי האיכות של נושא תעודה זו נושאי האיכות המפורטים במסמך זה משקפים את צרכי התעשייה והשירותים המודרניים ומהווים בסיס להשרדותם והצלחתם העסקית.

הסמכה זו אינה מהווה תואר אקדמי.

גוף הידע של האיגוד הישראלי לאיכות מבוסס על מקבילו האמריקאי וכולל מספר תוספות שועדת ההסמכה של האיגוד מצאה כראויים להיכלל בצקלון הידע של מהנדס איכות ישראלי.

בכל אחד מסעיפי גוף הידע מצוינת הרמה הקוגניטיבית ומכאן מידת העומק וטיב המיומנות הנדרשים לגביו.

הסבר לגבי מהות הרמות הקוגניטיביות בסולם הטקסונומיה של בלום מופיע בסוף מסמך זה.

המבחן יכלול 60 שאלות רב ברירתיות. ו- 2 שאלות פתוחות. בהתבסס על תיאור מקרה שיינתן.

המבחן יתבצע עם חומר פתוח, יחד עם זאת, אסור יהיה להשתמש במכשיר כלשהו שיש בו יכולת של גלישה אינטרנטית.

א. מנהיגות

א. יסודות המנהיגות

1. תועלות הנדסת אמינות

הגדר ותאר את הערך המוסף של אמינות ליכולת הארגון להשיג את יעדיו וכיצד טכניקות של הנדסת אמינות מסייעות לשיפור תכניות, תהליכים, מוצרים, מערכות ושירותים (הבנה).

2. יחסי הגומלין בין בטיחות, איכות ואמינות

תאר את ההשפעה ההדדית בין אמינות ואיכות ותאר את חשיבות מקומה של הבטיחות בהנדסת אמינות וכיצד אמינות משפיעה על בטיחות (הבנה).

3. אחריות מהנדס האמינות כמנהיג

תאר כיצד מקצוען האמינות משפיע על קבלת החלטות בתכניות ובתקשורת חוצה ארגון (הבנה).

4. תפקיד ואחריות מהנדס האמינות לאורך מחזור חיי המוצר

תאר כיצד מהנדס האמינות משפיע על מחזור חיי המוצר ותאר כיצד את תפקידו של מהנדס האמינות בסקרי התכן בהצפת משמעויות סיכונים, עלויות והבטחת פעולת המוצר לאורך זמן (הבנה).

5. תפקיד האמינות בהנדסה

תאר ישום של הטכניקות האפקטיביות ביותר להקניית אמינות מוצרים (כגון הטמעת אמינות בשלבי הפיתוח המוקדמים, כיצד תקנים תעשייתיים משפיעים על דרישות האמינות וכיצד שיקולי אמינות נלקחים בחשבון בתהליכי קבלת החלטות) **(ניתוח)**.

6. **אתיקה בהנדסת אמינות**

הכר את ההתנהגות האתית הנכונה כמהנדס אמינות בסיטואציות אופיניות של קונפליקט או התלבטות **(הערכה)**.

7. **מבדקי ספקים להערכת אמינות**

הסבר כיצד מבדקי אמינות באתרי ספקים משפיעים על תכנית האמינות ותאר עקרונות שיש ליישם במבדקי אמינות אלו **(ניתוח)**.

8. **מעקב ביצועים**

תאר את חשיבות הניטור הנחוץ להבטחת אמינות ובטיחות המוצר וזהו נקודות במחזור חיי המוצר בהם נתוני אמינות המוצר והתהליך נאספים ומנותחים **(הבנה)**.

ב. **קוד האתיקה של האיגוד הישראלי לאיכות**

קבע את נורמות ההתנהגות הנדרשות ממקצוען האיכות במצבים הדורשים שיקול דעת אתי **(הערכה)**.

ג. **יסודות האמינות**

1. **מושגי יסוד באמינות**

הסבר מושגים בסיסיים הקשורים באמינות ומדידת אמינות (כגון MTTR, MTTF, MTBF, מרווחי שירות, אחזקתיות וזמינות, קצב תקלות, פונקציית האמינות ועקומת האמבטיה) **(ישום)**.

2. **מחוללי דרישות ומטרות האמינות**

תאר כיצד צפיות לקוחות, תקנים תעשייתיים ורגולציה בטיחות וחבות מעצבים את הדרישות לאמינות **(הבנה)**.

3. **פעילות מונעת ומתקנת**

זהו המצבים והטכניקות השימושיות כאשר נדרשת פעילות מונעת ומתקנת והאמצעים לבחון את האפקטיביות של פעילות זו **(הערכה)**.

4. **חקר סיבות שורש**

תאר את הכלים והשיטות לזיהוי סיבות השורש לכשל או לירידה בביצועי המוצר **(הערכה)**.

5. **אבני דרך הנדסיות במחזור חיי המוצר**

תאר כיצד מושפעת האמינות לאורך שלבי מחזור חיי המוצר (תפישה ותכן, בדיקות, העברה ליצור, אספקות והתקנות משלבי החדירה לשוק ועד להוצאה משימוש ובכלל זה היבטי עלויות, תוחלת אורך חיים, תקלות תוכנה וכו') **(הבנה)**.

6. **כלכלת אחזקתיות וזמינות**
תאר את המשמעויות הכלכליות של החלופות השונות בקביעת אסטרטגיית אחזקתיות וזמינות מוצר (הבנה).
7. **עלויות איכות**
תאר כיצד אמינות ירודה מתבטאת בעלויות לארגון וללקוחותיו לאורך כל חיי המוצר (הבנה).
8. **משולש האיכות**
תאר את יחסי הגומלין בין עלות זמן ואיכות בהקשר לאמינות (הבנה).
9. **מתודולוגית 6 סיגמה**
תאר כיצד עקרונות מתודולוגית 6 סיגמה תומכים בהנדסת אמינות (הבנה).
10. **הנדסת מערכות ואינטגרציה**
תאר את תפקיד מהנדס האמינות כחלק מהנדסת המערכות ובכלל זה בחירת רכיבים ושידוכם לתתי מערכות, מימשקים ביניהם והשפעות הדדיות (הבנה).

II. ניהול סיכונים

א. זיהוי סיכונים

1. **טכניקות ניהול סיכונים**
השתמש בכלי ותהליכי ניהול סיכונים כדי לזהות לתעד ולעקוב אחר מחוללי סיכון פוטנציאליים. זהה תעדף והבחן בין גורמי סיכון הקשורים לבטיחות, עלויות, ביצועים, שביעות רצון לקוח ומסד מסגרת מעקב וניהול סיכונים נאותה (ניתוח).
2. **סוגי סיכונים**
זהה סוגים שונים של סיכונים, ובכלל זה סיכונים טכנולוגיים, כאלו הקשורים בתזמון ובעמידה בזמני אספקות, בטיחות, כספים ותאר את הזיקה שלהם לאמינות (ניתוח).

ב. ניתוח סיכונים

1. **עץ תקלות (FTA)**
השתמש בכלי ה FTA להעריך את האפשרות לכשל מוצר או תהליך (ניתוח).
2. **ניתוח אופני ואפקטי כשל (FMEA)**
הגדר והבחן בין ניתוח אופני ואפקטי כשל (FMEA) ובין ניתוח קריטיקליות של אופני ואפקטי כשל (FMECA) וישם טכניקות אלו למערכות מוצרים ותהליכים (הערכה).
3. **ניתוח אופני כשל שכיחים**
תאר אופני וסיבות כשל שכיחים וכיצד הם באים לידי ביטוי בניהול סיכונים (הבנה).

4. ניתוח סכנות

תאר כיצד ניתוח סכנות משולב בתהליך הפיתוח וכיצד מידע זה משמש את מהנדס האמינות (הבנה).

5. מטריצת סיכונים

תאר כיצד מטריצת סיכונים משמשת בהערכת סיכונים בהקשר של הערכת מימדי הנזק וההסתברות להתרחשותו (הבנה).

6. בטיחות מערכות

זהה נושאי בטיחות בניתוח משובים מלקוחות, נתונים הנאספים בשלבי התכן, נתוני יצור, נתוני תקלות בשדה ואחרים. תעדף סיבות אפשריות לכשלי בטיחות וצעדים שיצמצמו למינימום את האפשרות לשימוש לא הולם של ציוד, מוצרים ותהליכים (הערכה).

ג. הפחתת סיכונים

זהה את השיטות והגישות הראויות להפחתת סיכונים ובכלל זה בקורות הנדרשות מטעמי בטיחות, חבות ועמידה בדרישות רגולציה (הערכה).

III. הסתברות וסטטיסטיקה בהנדסת אמינות

א. עקרונות בסיסיים

1. מבוא לסטטיסטיקה

הגדר מושגי יסוד בסטטיסטיקה (אוכלוסיה, פרמטר, סטטיסטי, מדגם, משפט הגבול המרכזי, אמידה פרמטרית ולא פרמטרית) ודרך חישובם (ניתוח).

2. מושגי יסוד בהסתברות

השתמש בעקרונות היסוד של הסתברות (ובכלל זה תלות ואי תלות, מאורעות זרים, הסתברות מותנית ותוחלת) (ניתוח).

3. התפלגויות ומשתנים מקריים

השווה והבחן בין התפלגויות שכיחות בינומית פואסונית, נורמלית, אקספוננציאלית, וייבול, לוג נורמלית, משמעותן והתנהגותן (ניתוח).

4. פונקציות הסתברותיות

השווה והבחן בין פונקציות שונות הקשורות בהתפלגויות העיקריות ובכלל זה פונקצית הצפיפות הנקודתית (PDF), פונקצית ההסתברות המצטברת (CDF), פונקציות הסכנה, פונקציות הכשל ופונקצית האמינות וזהה את ישימותן במצבים שונים (ישום).

5. תכניות דגימה בחישובי אמינות

השתמש בכלים ושיטות ובכלל זה טבלאות ונוסחאות כדי לקבוע גדלי מדגם מתאימים או משכי זמן לבדיקות אמינות עפ"י קני מידה סטטיסטית מתאימים (ניתוח).

6. **בקרת תהליכים סטטיסטית (SPC) ומדדי כושר תהליך (C_{pk} , C_p)**
הגדר ותאר את הדרכים והמדדים להערכת כושר התהליך (כגון C_{pk} , C_p), תרשימי בקרה, וכיצד הם קשורים לאמינות (הבנה).
7. **מרווחי בטחון וסבולת**
הבן וחשב מרווחי בטחון ומרווחי סבולת על בסיס מדגם מיצג, הסק מסקנות וקבע כיצד אמדים נקודתיים משמשים לקביעת מרווחים אלו (הערכה).

ב. ניהול נתונים

1. **מקורות ושימושים של נתוני אמינות**
תאר את מקורות הנתונים לבנית המידע הנחוץ לחישובי אמינות (אבי טיפוס, בדיקות במהלך הפיתוח, נתוני תקלות בשדה בדגש על תקלות בזמן אחריות, מקורות מידע גלויים וכו'). הכר את יתרונותיהם ומגבלותיהם וכיצד נתונים אלו יכולים לשמש בשיפור אמינות המוצר (ניתוח).
2. **סוגי נתונים**
זהה והבחן בין סוגי נתוני שונים (כגון תכונות מול משתנים, בדידים מול רציפים, שלמים מול קטומים, חד מימדיים מול רב מימדיים). בחר כלי ניתוח המתאימים לסוג הנתונים הזמינים (הערכה).
3. **שיטות איסוף נתונים**
זהה ובחר את השיטות המתאימות לאיסוף נתונים (כגון סקרים, בדיקות ידניות ואוטומטיות, ניטורים וכלי דיווח תקלות) ע"מ להשיג את מטרות ניתוח האמינות ומענה לצרכי מידע איכותי (הערכה).
4. **סיכום נתונים ודיווח**
בחן את הנתונים שנאספו ע"מ לוודא את דיוקם ומידת ישימותם. נתח פרש וסכם את הנתונים לצורך הצגתם בשיטות שונות בהסתמך על סוגי הנתונים והפלט הרצוי (יצירה).
5. **שיטות ניתוח כשלים**
הכר ותאר כלים ושיטות לניתוח כשלים (כגון מבנה והרכב חמרים מכניים, אנליזות כימיות ופיזיקליות, ומיקרוסקופית אלקטרונית (SEM)) המשמשים לזיהוי מנגנוני כשל (הבנה).
6. **מערכת דיווח ניתוח נתוני כשל ופעילות מתקנת (FRACAS)**
זהה את המרכיבים החיוניים למערכת ה FRACAS והדגם את חשיבות השלמת הפעולה המתקנת להשלמת התהליך (הערכה).

IV. תכנון בדיקות ומודלים לאמינות

א. תכנון לאמינות

1. אסטרטגית בדיקות לאמינות

פתח וישם את האסטרטגיות הנכונות לבדיקות (כגון בדיקות לפרקי זמן קצובים, בדיקות עד למספר יעד של תקלות, בדיקות התלויות בהיקף ירידת הביצועים, תכנית לגידול אמינות ותהליכי בדיקות ניתוח ושיפור (TAAF)) לשלבים השונים במהלך פיתוח המוצר (הערכה).

2. גורמי סביבה ותנאי שימוש

זהה את תנאי הסביבה והשימוש להם יכול המוצר להחשף ואשר משפיעים על אמינותו (כגון טמפרטורה, לחות והלמים מיכניים) ועומסים (כגון שימוש מאומץ, חשיפה לפריקה אלקטרוסטטית (ESD), קצב התפוקות וזמני מחזור) (ניתוח).

3. תוצאות הכשל

תאר את חשיבות זיהוי תוצאות אופני הכשל בקביעת דרישות וקריטריוני קבלה לאמינות מוצר (הבנה).

4. תוצאות הכשל

הגדר ותאר את קריטריוני קביעת הכשל בהתבסס על הדרישות מהמערכת ותנאי תקופת האחריות (הבנה).

5. סביבת הבדיקות

הערך את סביבת הבדיקות בהקשר למיקום המוצר במערכת, תנאי תפעול וכיצד תנאי הסביבה משוקפים במערך ותכנית הבדיקות ע"מ להבטיח שאסטרטגיית הבדיקות הנאותה אכן מיושמת (הערכה).

ג. בדיקות

תאר את מטרות יתרונות ומגבלות כל אחד מסוגי הבדיקות המפורטים להלן. השתמש במודלים נפוצים כדי לפתח תכניות בדיקה, הערכת סיכונים ופרש את תוצאות הבדיקות (הערכה).

1. בדיקות אורך חיים מואצות

הכר את שיטות הבדיקות המיועדות להאיץ התפתחות כשלים כגון בדיקות מאמץ יחיד, מאמצים משולבים, מאמצים סדרתיים, מאמצים מדורגים, HALT, ומאמצים שוליים.

2. סינון במאמץ

מבחני עמידה בתנאי סביבה (ESS), מבחני סינון ביצור (HASS) והרצות (Burn-In).

3. מבחני הדגמה והסמכה

מבחנים סדרתיים, מבחנים באורך זמן קצוב.

4. מבחני בליה וירידת ביצועים

5. בדיקות תוכנה

בדיקות קופסה שחורה, קופסה לבנה (בדיקות מבניות), בדיקות תפקודיות, ובדיקת זיהוי פגמים שתולים.

ד. מידול אמינות המוצר

1. דיאגרמת בלוק האמינות

בנה התאם ונתח סוגים שונים של דיאגרמות בלוקי אמינות כגון המודל הטורי, המודל המקבילי והמודל המשולב עם או בלי יתירות והיכן שצריך שלב גם תלות בזמן (הערכה).

2. הפיזיקה שמאחורי מנגנוני הכשל

זהה את מנגנוני הכשל הנפוצים ובכלל זה שברים, שיתוך, או בתוכנה (כגון שיבוש זיכרון כתוצאה מבליה מגנטית) ותאר את הגורמים הפיזיקליים מאחורי מנגנונים אלו (ישום).

3. מודלים של כשל

זהה והתאם את המודלים התיאורתיים להיווצרות הכשל (נוסחת אהרניוס, עקומת מחזורי מאמץ (S-N) ע"מ להעריך את הסיכוי ולחזות אירועי כשל (ניתוח).

4. שיטות לחיזוי אמינות

הכר וישם שיטות חיזוי אמינות שונות (כגון סימולציות מונטה קרלו, ניתוח מאמצי מרכיבים, וספירת מרכיבים) למוצרים חד פעמיים וברי תיקון. תאר את הקלט והפלט של מודלים אלו (ישום).

5. תכן בעזרת אבי טיפוס

תאר את היתרונות והמגבלות של שימוש באבי טיפוס כדי לשפר את אמינות המוצר (הבנה).

V. אמינות לאורך מחזור חיי המוצר

א. טכניקות פיתוח מוטות אמינות

1. שיטות להערכת התכן (אימות ותיקוף)

הסבר כיצד תיקוף, אימות וטכניקות סקירה אחרות משמשות להערכת אמינות המוצר בשלבים השונים של מחזור חיי המוצר (ישום).

2. ניתוח מאמץ-חוזק

ישם שיטות לחישובי מאמץ מול חוזק ע"מ להעריך את הסיכוי לכשל ופרש את התוצאות (ניתוח).

3. תיכון ניסויים

פתח תכניות ניסוי ופרט את תוצאותיהם כגון ניסויים פקטוריאליים מלאים וחלקיים (ניתוח).

4. אופטימיזציה של אמינות

השתמש בשיטות שונות ומתאימות כדי להשיג אמינות אופטימלית ובכלל זה התחשבות באילוצי עלות, זמן, משקל ושאר דרישות התכן (ישום).

5. הגורם האנושי

תאר את יחסי הגומלין בין הגורם האנושי והנדסת אמינות ובכלל זה היבטי בטיחות, פרופילי משתמש ושימוש, אופני כשל ומנגנוני כשל (הבנה).

6. תכן למצוינות (DFX)

ישם טכניקות למצוינות תכן כגון תכן מוטה יצוריות, בדיקתיות ואחזקתיות (ישום).

7. תכן לאמינות (DFR)

ישם שיטות תכן לאמינות על מנת לעמוד בדרישות האמינות לאורך שלבי מחזור חיי המוצר. הבן כיצד אמינות המובנית בתכן בדגש על תכן חסין או הימנעות מתקלות מהוות תנאי מפתח לתכן מוטה אמינות מוצלח (הערכה)

ב. אמינות בפיתוח חלקים ומערכות

1. טכניקות בחירת רכיבים וחומרים

ישם טכניקות כגון הפחתת עומסים ומאמצים (Derating) ובחירה מושכלת של פריטי וחמרי מדף ע"מ להבטיח את אמינות המוצר (ניתוח).

2. סטנדרטיזציה של חלקים ופישוט מערכות

תאר את חשיבות השימוש בחלקים סטנדרטים ופישוט מבנה מערכות כחלק מהמאמץ להשגת דרישות המערכת לאמינות (ישום).

ג. אחזקתיות

1. אסטרטגיות אחזקה

פתח תכנית אחזקה המשלבת אסטרטגיות המותאמות לכל מערכת (כגון אחזקת חיזוי, קריטריונים לקבלת החלטות תיקון/החלפה, ניתוח וחיזוי צרכי הצטיידות בחלפים וקביעת תקופת אחריות (ישום).

2. ניתוח אחזקה מונעת

הגדר וישם את תכולת המטלות של אחזקה מונעת, קבע מרווחים אופטימליים לביצוע אחזקה מונעת ומרכיבים אחרים הנכללים בניתוח זה. זהה מצבים בהם אחזקה מונעת אינה אפקטיבית (ישום).

3. ניתוח תחזוקת שבר

תאר וישם את המרכיבים של אחזקת שבר ובכלל זה זמן לבידוד וזיהוי גורם התקלה, זמן לביצוע התיקון או החלפה, מיומנויות נדרשות וסה"כ שעות אדם הנצרכות בפעילות זו (ישום)

סולם רמות יכולת החשיבה

(מבוסס על טקסונומית בלום מהדורת 2001)

בנוסף לפירוט המופיע בכל אחד ממרכיבי גוף הידע מצוינת גם רמת יכולת החשיבה (קוגניציה) שהתלמיד מצופה להשיג. ההגדרות לרמות יכולת החשיבה מבוססות על סולם הטקסונומיה של בלום מהדורה 2001 והן מוצגות להלן בסדר עולה של מידת ההעמקה מהרמה הפשוטה ועד למורכבת ביותר.

- **זכירה** – ידיעה והיכרות עם המונחים, הגדרות, עובדות, רעיונות, חומרים, תבניות, שיטות ועקרונות
- **הבנה** – יכולת בסיסית לקרוא להבין ולתרגם את הידע הנלמד לכדי משמעות ובכלל זה תיאורים מילוליים, דוחות, טבלאות, תרשימים והכוונות שונות.
- **יישום** – הידיעה מתי וכיצד יש להשתמש ברעיונות, שיטות, פרוצדורות, נוסחאות, תיאוריות וכד'.
- **ניתוח** – חלוקת המידע לקטיגוריות בעלות משמעות, זיהוי היחסים בין ישויות וכיצד הן מאורגנות. זיהוי חלוקות משנה של קטיגוריות או אוכלוסיות והצפת מידע משמעותי מתוך אוסף נתונים נרחב ומורכב.
- **הערכה** – היכולת לקיים שיפוט ולבחון את מידת נכונותן של טענות או ישימותם של רעיונות ופתרונות על ידי קביעת קריטריונים או יכולת השוואת לחלופות מוכרות או תקנים.
- **יצירה** – יצירת יצירה שלמה על ידי צירופים של רעיונות ממקורות שונים. התוצר צריך להיות דגם, מבנה, או פתרון מקורי שלא היה קיים בעבר.

בקרו באתר האיגוד <https://isq.org.il/>,