

## מסמך ב3 –

# עקרונות לביצוע ההצגה (DEMO), הסימולציה והניסוי המעשי

2.1 מטרות יישום מערכות אדפטיביות ברמזורים הינן כדלקמן:

- 2.1.1 ניהול יעיל של התנועה בצומת/ בצמתים מרומזרים. דהיינו, זיהוי עומסים בצמתים מרכזיים והמלצה על צעדים לשיפור זרימת התנועה ורמת קיבולת הצומת. שיפור של זרימת התנועה בצמתים תאפשר למנוע, בין היתר, גלישת תורים לצמתים סמוכים ובכך למנוע התפשטות של מצב העומס למרחב השפעה גדול יותר בשל כשל בצומת אחד.
- 2.1.2 מתן העדפה לכלי רכב מסוימים (כגון תחבורה ציבורית, רכבי הצלה וכד') ע"פ הגדרות מדיניות שיקבעו, תוך איזון זמני העיכוב והתורים עבור שאר משתמשי הדרך.
- 2.2 בנספח זה יפורטו עקרונות כלליים לנושאים הבאים:
  - 2.2.1 ביצוע ה-Demo בשלב קביעת ציון האיכות הראשוני, כמפורט בסעיף 9.3.2 לחוברת תנאי המכרז (לסל שירותים 2) וסעיף 9.4.2 לחוברת תנאי המכרז (לסל שירותים 3)
  - 2.2.2 ביצוע שלב הסימולציה, כמפורט בסעיף 9.3.3 לחוברת תנאי המכרז (לסל שירותים 2) וסעיף 9.4.3 לחוברת תנאי המכרז (לסל שירותים 3)
  - 2.2.3 ביצוע שלב הניסוי המעשי – ככל והחברה תחליט לממשו, לפי הוראות סעיף 15 לחוברת תנאי המכרז.
- 2.3 מובהר כי המפורט במסמך זה הינו בגדר פירוט ראשוני וכללי בלבד, והחברה תהיה רשאית לדרוש מאת הספק להציג כל מסמך ו/או אישור אחר ביחס למערכת ניהול הרמזורים ו/או מערכת ה-AIO המוצעת על ידו וכן לשנות, להוסיף ולהפחית מהדרישות המפורטות במסמך זה, בהתאם לשיקול דעתה המקצועי והבלעדי.

**3. שלב ההצגה (Demo)**

- 3.1 החברה לא תספק מידע בשלב זה מעבר למפורט במכרז.
- 3.2 דרישות כלליות להצגה לשלב זה
  - 3.2.1 ארכיטקטורת המערכת המוצעת, לרבות פריסת הגלאים בצומת, סוגי גלאים, טכנולוגית הגילוי (אם מוצעת) תיאור המידע המנוטר בצומת וכד'.
  - 3.2.2 תיאור האלגוריתם המוצע וייחודו ביחס למערכות קיימות, לרבות המידע התנועתי שעליו מתבסס האלגוריתם ואופן פעולת האלגוריתם.
  - 3.2.3 יכולת המערכת והאלגוריתם לספק העדפה לכלי רכב בצמתים.
  - 3.2.4 תיאור האופן שבו נבדקה והוכחה היכולת של האלגוריתם והמערכת בכללותה (הכל ככל ורלוונטי):
    - i. כיצד נבדק האלגוריתם ובאילו אמצעים (סימולציה, ניסוי שטח).
    - ii. תיאור הצמתים שבהם נבדק האלגוריתם.

- .iii מצבי התנועה שעבורם נבדק האלגוריתם.
- .iv המדדים התנועתיים ששימשו כבסיס להערכת פעולת האלגוריתם.
- .v ממשק בין האלגוריתם למערכות הרמזור.
- 3.2.5 רמת השיפור על בסיס השימוש באלגוריתם.
- 3.2.6 אפשרויות של מערכת ניהול הרמזורים בה משולב האלגוריתם לנהל מספר צמתים מרומזרים בסינכרון ביניהם.
- 3.2.7 תוכנית פיתוח עתידית של מערכת ניהול הרמזורים בה משולב האלגוריתם.
- 3.2.8 מידע נוסף הנדרש בהתאם לסטטוס הפיתוח של האלגוריתם, כמפורט הסעיפים 3.3-3.5 להלן.

### 3.3 אלגוריתם שאינו משולב במערכת.

- 3.3.1 מציע אשר ירצה להציג במכרז זה אלגוריתם שטרם נוסה בשטח ידרש להציג את המידע בסעיף 3.2 ובנוסף להוכיח באמצעים שונים שהמערכת מהווה חידוש ביחס למערכות פועלות.
- 3.3.2 תיאור האלגוריתם בחלופה זו יתקבל כמצגות, סרטוני סימולציה, מסמכים או כל דרך אחרת אשר תאושר על ידי נתיבי איילון.

### 3.4 אלגוריתם בשלב ניסויים

- 3.4.1 מציע אשר יציג אלגוריתם שנמצא בשלב ניסויים בשטח, ידרש להציג את המידע בסעיף 3.2 לעיל וכן:
  - פירוט האתרים בהם התקיים הניסוי ומועד.
  - עבור כל אתר, יש לתאר את מספר הצמתים, תיאור הצמתים והיקפי התנועה בצמתים.
  - הרשויות שעבורם הותקנה המערכת, כולל פרטי איש קשר ברשות הרלוונטית.
  - משך הזמן שנלקח עבור כיוול או עבור למידה עצמית של המערכת ועד לקבלת ביצועים מיטביים.
  - השוואה של התפקוד התנועתי לפני ואחרי הפעלת המערכת. ההשוואה תפרט:
    - משך זמן הניסוי והחלטות לגבי המשך תפעול המערכת.
    - מהם המדדים הנבדקים.
    - ההשוואה בין המדדים הנבדקים בצורה גרפית או טבלאית.
    - אם קיים דו"ח המתאר את ההשוואה יש להציגו.
    - שם הגורם שביצע את הבדיקה.

- 3.4.2 תיאור של אלגוריתם שנמצא בשלב של ניסויים יתקבל כמצגות, סרטוני סימולציה, ככל שבוצעו לפני ניסוי השטח, מסמכים וסרטונים מהניסוי בשטח וכל דרך אחרת שתאושר על

ידי נתיבי איילון. יובהר כי הצגת האלגוריתם ייעשה ביחס לשעות שבהן ניתן להבחין בפעולת האלגוריתם בהשוואה לפעולת רמזור סטנדרטי.

### 3.5 מערכת מבצעית

3.5.1 מערכת מבצעית הינה מערכת אשר עמדה בכלל הבדיקות הנדרשות ויש בידיה את כל האישורים הרגולטורים להפעלתה המבצעית.

3.5.2 מציע אשר יציג אלגוריתם המשולב במערכת מבצעית יידרש להציג את המידע בסעיף 3.2 לעיל וכן פירוט בדבר:

- האתרים בהם מותקנת המערכת באופן מבצעי.
- משך הזמן שהמערכת פועלת באופן מבצעי.
- פירוט של תקלות במערכת.
- האם והיכן הופעלה העדפה לכלי רכב יעודיים.
- תיאור היקף הרשת בה מיושמת המערכת (מספר הצמתים, האם רשת של צמתים/ ציר/ צמתים בודדים)
- הרשויות שעבורם הותקנה המערכת, כולל פרטי איש קשר ברשות הרלוונטית.
- משך הזמן שחלף (עבור כיוול או עבור למידה עצמית של המערכת) עד לקבלת ביצועים מיטביים.
- ארכיטקטורה של המערכת כולל תיאור הגלאים (ושמות היצרנים), תקשורת, סוגי המנגנונים, וחיבור למרכז בקרה.
- השוואה של התפקוד התנועתי לפני ואחרי הפעלת המערכת. ההשוואה תפרט:
  - פרק הזמן שהופעלה המערכת בשטח
  - מהם המדדים הנבדקים
  - ההשוואה בין המדדים הנבדקים בצורה גרפית או טבלאית
  - אם קיים דו"ח המתאר את ההשוואה יש להציגו.
  - אין להציג נתון שיפור של המערכת ללא הצגת הנתונים ששימשו לחישובו.

3.5.3 תיאור של מערכת מבצעית יתקבל כמצגות, סרטוני סימולציה, ככל שבוצעו וסרטונים מהפעלה בשטח ובכל דרך אחרת אשר תאושר על ידי נתיבי איילון. הסרטונים יוצגו לשעות שבהן ניתן להבחין בפעולת האלגוריתם בהשוואה לפעולת רמזור סטנדרטי, ככל שניתן, יוצג חיבור למרכז הבקרה לבחינת פעולת המערכת.

3.6 המדדים לבחינת האלגוריתם המוצג

אמת מידה	פירוט	אופן קביעת הניקוד	ניקוד מקסימלי	ניקוד מקסימלי למערכת בשלב ניסוי	ניקוד מקסימלי לאלגוריתם ללא ניסוי והתקנה מבצעית
בשלות האלגוריתם/ המערכת	רמת הבשלות של המערכת המוצעת	<ul style="list-style-type: none"> <li>היקף ההתקנה המבצעית (בכל התקנה ייבחנו – היקפי הנסועה, נפחי תנועה)</li> <li>היקף הניסויים שבוצעו במערכת ומורכבותם</li> </ul>	20	10	5
האלגוריתם המוצע	תיאור כללי של האלגוריתם המוצע במערכת	<ul style="list-style-type: none"> <li>מידת השיפור ביחס למצב לפני הפעלת האלגוריתם בתרחישים שונים.</li> <li>גמישות לשינוי בפרמטרים (שעות ביום)</li> <li>התחשבות ברכבים מיוחדים</li> </ul>	25	25	25
ארכיטקטור המוצעת	פירוט רכיבי המערכת	<ul style="list-style-type: none"> <li>אמצעי ניטור תנועה</li> <li>יכולת להתקשר עם מגוון אביזרי קצה</li> <li>שרידות</li> <li>אבטחת מידע</li> </ul>	15	15	15
תוכנית פיתוח (road map)	תוכנית לפיתוח עתידי של המערכת	יכולות נוספות ולוח זמנים ליישום	20	20	20
רמת הניתוח המוצג על ידי המציע	התרשמות כללית מרמת הצגת המערכת		20	20	10
ניקוד מקסימלי אפשרי			100	90	75

4. שלב הסימולציה

4.1 מטרה

מטרת שלב זה הינה להעריך את התפקוד הצפוי ב 2-3 צמתים מרומזרים על בסיס סימולציה וללא חיבור בפועל למנגנון הרמזור.

## 4.2 עקרונות מנחים לביצוע הסימולציה

- 4.2.1 הבדיקה של כל המערכות שהגיעו לשלב זה באמצעות מודל הסימולציה, תתבצע עבור אותם צמתים ואותם תנאים תנועתיים (בתנאי רקע גיאומטריה וביקושים זהים), על מנת לאפשר השוואה "נקייה" בין האלגוריתמים המוצעים והשוואה למצב התפעול הקיים.
- 4.2.2 הסימולציה תערך ב- 3 צירים הכוללים 9 צמתים מרכזיים בעיר ראש"צ, לאורך תוואי הקו החום, באתרים בהם קיימים צמתים חוצים, או בכל אתר אחר בהתאם להחלטתה של נתיבי איילון. בחירת הצמתים לצורך ביצוע הבדיקה תתבצע ע"י חברת נתיבי איילון.
- 4.2.3 הסימולציה תבוצע בהתאם לנתוני התנועה הקיימים ותיבחן את יכולת השיפור באופן תאורטי.
- 4.2.4 מידע תנועתי יועבר מנתיבי איילון אל המציע, אשר יפעיל את האלגוריתם ויעביר את תוצאותיו אל מודל הסימולציה. (יכולת העיבוד תישאר אצל המציעים).
- 4.2.5 ההערכה התנועתית באמצעות מודל הסימולציה תכלול את התרחישים הבאים:
1. תפעול רמזור רגיל, ללא מערכת אדפטיבית וללא העדפה לתח"צ.
  2. תפעול רמזור אדפטיבי וללא העדפה לתח"צ.
  3. תפעול רמזור רגיל, כולל העדפה לתח"צ.
  4. תפעול רמזור אדפטיבי, כולל העדפה לתח"צ.
- 4.2.6 הסימולציה תבוצע ע"י גורם מטעם חברת נתיבי איילון ולא ע"י המציע.

## 4.3 אמצעים נדרשים מהמציעים

- 4.3.1 על המציעים לסייע בשלב זה לנתיבי איילון בביצוע סימולציית הפעלה של האלגוריתם / מערכת ניהול הרמזורים / מערכת ה-AIO, באמצעות מודל סימולציה תנועתית.
- 4.3.2 שלבי ביצוע הסימולציה (יבוצעו על ידי המציעים אלא אם צוין אחרת):
- 4.3.2.1 הגדרת הממשק לחיבור מודל הסימולציה ל"קופסא השחורה", המייצגת את מערכת ניהול הרמזורים המוצעת ע"י כל אחד מהמציעים. הגדרת הממשק תיבנה על ידי נתיבי איילון ביחד עם המציע.
- 4.3.2.2 בניית ממשק להתחברות למודל הסימולציה שבו יעשה שימוש ע"י נתיבי איילון.
- 4.3.2.3 הממשק יכלול אפשרות לשליחת וקבלת נתונים אל ומה"קופסא השחורה", בפרקי זמן קצרים (המשמשים את האלגוריתם המוצע, פרק הזמן הקצר ביותר יהיה שנייה).
- 4.3.2.4 הממשק יכלול שליחה של מצב כל אחד מהרמזורים בשנייה הבאה של הסימולציה.
- 4.3.2.4 העברת הנתונים הנדרשים להפעלת האלגוריתם מהחברה למציעים - הנתונים אשר

יישלחו ממודל הסימולציה אל ה"קופסא השחורה":

- הגדרת הנתון הנדרש
- פרקי הזמן הדרושים לקבלת הנתונים
- אמצעי הניטור והגילוי הנדרש לקבלתם כולל תכנון הצבתם יחסית לצומת הרלוונטית.

4.3.2.5 חברת נתיבי איילון או מי מטעמה תבצע את הסימולציה באמצעות מודל סימולציה תנועתית שייבחר על ידה.

4.3.2.6 הסימולציה תבצע בשיתוף פעולה עם המציעים לצורך הרצות של אלגוריתם ניהול התנועה בצומת.

#### 4.4 אופן שיפוט תוצאות הסימולציה

4.4.1 נציג נתיבי איילון יקבע את מתודולוגיית הבדיקה, תרחישים לביצוע הבדיקה ועיבוד וניתוח תוצאות הנתונים.

4.4.2 יתבצע ניתוח של ביצועי תפעול הרמזור, ללא ועם הפעלת האלגוריתם בתרחישים השונים. המדדים שיושוו, בין השאר, הינם כדלקמן:

4.4.2.1 סך נפח עובר במערכת.

4.4.2.2 סך נפח עובר בכל צומת.

4.4.2.3 זמני נסיעה בין מוצאים ויעדים שונים ברשת.

4.4.3 קביעת הציון בשלב זה תבוצע בהתאם למפורט להלן:

נושא	ניקוד מקסימלי	שיטת קביעת הניקוד
מדדים תנועה כללית	35%	המערכת אשר תציג את הנפח העובר המקסימלי בכלל הצמתים יחד תקבל את הניקוד המקסימלי (35 נקודות) שאר ההצעות יקבלו ציון יחסי
	15%	המערכת אשר תציג את הנפח העובר המקסימלי ביותר תקבל את הניקוד המקסימלי.
	20%	המערכת אשר תציג את סטיית התקן הנמוכה ביותר תקבל את הניקוד המקסימלי.
מדדי תח"צ	15%	המערכת אשר תציג את זמן הנסיעה המשוקלל הקצר ביותר תקבל את הניקוד המקסימלי.
	15%	המערכת אשר תציג את סטיית התקן הנמוכה ביותר תקבל את הניקוד המקסימלי.
סה"כ	100%	

## 5. שלב הניסוי המעשי

### 5.1 מטרה

- 5.1.1 מטרת הניסוי המעשי הינה לבחון את המערכות המוצעות על ידי הספק ולהעריך את תפקודן בשטח וזאת במספר צמתים שיבחרו ע"י חברת נתיבי איילון.
- 5.1.2 שלב זה הינו אופציונאלי ויבוצע בהתאם להחלטת נתיבי איילון, ביחס לחלק מספקי המסגרת או לכולם.
- 5.1.3 הפירוט להלן ביחס לשלב הניסוי המעשי הינו בגדר פירוט חלקי וראשוני בלבד, כאשר פירוט מלא יוצג ככל שיוחלט על עריכתו של הניסוי המעשי והכל בהתאם לשיקול דעתה של נתיבי איילון.

### 5.2 תהליך ניסוי המעשי

- 5.2.1 הניסוי המעשי ייערך בשטח ויכול שיבוצע בחלק מהצמתים שעבורן נערכו הבדיקות באמצעות מודל הסימולציה. הניסוי המעשי יאפשר להעריך את תהליך היישום והתקנה, כיוול ותפקוד המערכות בתנאי השטח.
- 5.2.2 ככל שלא יוחלט אחרת על ידי נתיבי איילון, הניסוי המעשי יערך בשלושה שלבים עיקריים:
- 5.2.2.1 בשלב הראשון – יערך סקר שטח במטרה להעריך ולכמת את מצב התנועה בצמתים. סקר השטח יערך ע"י חברת נתיבי איילון בהתאם למאפיינים שיוגדרו על ידה.
- 5.2.2.2 בשלב שני – יותקנו ויופעלו המערכות בשטח. ההתקנה בשטח תבצע ע"י כל אחד מהספקים אשר ישתתף בניסוי המעשי. חברת נתיבי איילון תספק את תשתיות החשמל והתקשורת וכל אחד מהספקים יהיה אחראי על חיבור והתקנת המערכת המוצעת על ידו, בתיאום עם נתיבי איילון וכל גורם אחר שיידרש. שלב הניסוי יתבצע בצמתים פעילים, לכן, אחת הדרישות העיקריות הינה להבטיח את היכולת להחזיר את מנגנון הרמזור בכל נקודת זמן למצב התפעול הקיים בצומת.
- 5.2.2.3 בשלב שלישי – יערך ע"י חברת נתיבי איילון (או מי מטעמה) ניתוח של ממצאי סקרי השטח שנערכו לפני הפעלה המערכות ובזמן הפעלתן. המטרה של שלב זה הינה להעריך את רמת התפקוד הצמתים ומידת השיפור ביחס למצב התפעול השגרתי של הצומת.
- 5.2.3 בכל המקרים שבהם נדרש כיוול של המערכת, הספק יהיה אחראי על ביצוע תהליך הכיוול. משך הזמן שיוקצה לכיוול המערכת בכל צומת יהיה עד כ-10 ימים.



- 5.2.4 המערכות יותקנו בשטח לפרקי זמן של בין שבועיים לשלושה שבועות. בפרקי הזמן שבו תופעלנה המערכות, יתבצע ע"י חברת נתיבי איילון סקר שטח נוסף שיערך בהתאם למאפיינים שיוגדרו על ידה.
- 5.2.5 יתכן מצב שבו נדרש יהיה להציג את המערכות המוצעות בוועדת הניסויים ברשות משרד התחבורה ולקבל את אישורה. במקרה זה, הספק יתבקש להציג בפני וועדת הניסויים את המערכת ותכונותיה תוך דגש מיוחד על ההיבטים הבטיחותיים של המערכת.

### 5.3 דרישות מהספק בשלב הניסוי המעשי

- 5.3.1 ההתקנה והפעלת המערכת בשטח.
- 5.3.2 כיול המערכת לקראת הפעלה.
- 5.3.3 הבטחת היכולת להחזיר את מנגנון הרמזור בכל נקודת זמן למצב התפעול הקיים בצומת (roll back).
- 5.3.4 זמינות לטיפול בתקלות.

### 5.4 ניקוד המערכות בשלב ניסוי השטח יתבסס על:

נושא	ניקוד מקסימלי	שיטת קביעת הניקוד
התקנת המערכת	10%	משך ההתקנה, מורכבות הכיול
מדדים תנועה כללית	30%	המערכת אשר תציג את הנפח העובר המקסימלי בכלל הצמתים יחד תקבל את הניקוד המקסימלי.
	10%	המערכת אשר תציג את הנפח העובר המקסימלי ביותר תקבל את הניקוד המקסימלי.
	20%	המערכת אשר תציג את סטיית התקן הנמוכה ביותר תקבל את הניקוד המקסימלי.
מדדי תח"צ	15%	המערכת אשר תציג את זמן הנסיעה המשוקלל הקצר ביותר תקבל את הניקוד המקסימלי.
	15%	המערכת אשר תציג את סטיית התקן הנמוכה ביותר תקבל את הניקוד המקסימלי.
סה"כ	100%	