



אדווה כלף

ניהול אנליטי בשרשרת האספקה

עלויות הייצור, האחסנה והשינוע ברמת הפריט/הרכיב; לתכנן עומק מלאי מיטבי במרכזים הלוגיסטיים (תוך התחשבות באצוות ייצור ובתאריכי תוקף); לתכנן מערך הפצה דינמי, הנותן מענה מיטבי על שינויים באספקה (כולל אספקות דחופות); לבקר בזמן-אמת את ביצועי השרשרת; לזהות בעיות ולקבל החלטות נבונות; להתריע על אירועים חריגים לגורמים הרלוונטיים; וכו'.

ניהול אנליטי

הארגונים אוספים תדיר נתונים גולמיים (Data) על פעילותם העסקית, ובכלל זה נתונים בשרשרת האספקה (כגון: מועדי הגעת מטען משוערים, מועדי שחרור המטען מן הנמל, מועדי קליטת המשלוחים במחסן, תפוקות הליקוט, תפוקות הייצור, תפוקות האריזה, מועדי ההפצה, מועדי המסירה, וכו'). אלא שנתונים אלה אינם תורמים כרף מספק לקבלת החלטות.

האנליטיקה (Analytics) עוסקת בניתוח נתונים, בזיהוי מגמות ודפוסי התנהגות, ובאיתור סיבות השורש למגמות ולדפוסים אלה (כגון הסיבות לאיחורים באספקה, או לתקלות חוזרות במערכת). מטרתה היא לספק מידע קוהרנטי (Coherent)* למקבלי החלטות, וגם תובנות (Insights) חכמות, שיאפשרו לקבל החלטות מיטביות.

תפקידו של מנתח הנתונים (Data Analyst) הוא לחלץ נתונים גולמיים, לארגנם, לטייבם, לנתחם, ולהופכם למידע בעל משמעות. בסיום התהליך, הוא מדווח על ממצאיו למקבלי החלטות, וגם ממליץ על דרכי הפעולה הרלוונטיות (כגון להחליף מסלולי הפצה, או להחליף רכיב תקול במערכת).

להלן השלבים בתהליך האנליטי:

- **הגדרת בעיה (Problem definition):** השלב הראשוני בתהליך האנליטי הוא הגדרת הבעיה (או השאלה), הנדרשת לפתרון. לדוגמה: "איך אפשר להפחית

בעידן המודרני, ניהול שרשרת אספקה הוא אתגר מורכב ביותר. אתגר זה כולל מיגוון היבטים, כגון: דרישות איכות ורגולציה; מערכי פיתוח, ייצור, ושירות בפריסה גלובלית; שיתופי פעולה הכוללים: ספקים, קבלני-משנה, וגורמים פנים-ארגוניים; שינויים תדירים בביקושים; שינויים כלכליים (כגון בשערי מטבע ובמדדי תשומות), שינויים סביבתיים (כגון באקלים ובעומסי תנועה), ואירועים חריגים (כגון עימות צבאי, או התפרצות מגפה); לחץ מתמיד לגמישות תפעולית, לזמיני אספקה קצרים, להפחתת עלויות; וכו'.

המידע הוא משאב קריטי בניהול שרשרת האספקה. המידע חיוני לקבלת החלטות מושכלות (Informed decisions), המבוססות על ראייה אינטגרטיבית של השרשרת, ועל ניתוח מעמיק של נתונים בזמן-אמת. מנהל שרשרת אספקה, שברשותו מערכת אנליטית חכמה, יכול לנתח את הביקוש ולפלח אותו על-פי מיגוון קטיגוריות, לייצר על-פי הצורך, ולדחוף מלאי לנקודות המכירה באזורי הביקוש. נוסף על-כך, הוא יכול לנהל שרשרת הובלה גלובלית, אפקטיבית ויעילה; להעמיס נכונה את

האנליטיקה (Analytics)
עוסקת בניתוח נתונים,
בזיהוי מגמות ודפוסי
התנהגות, ובאיתור סיבות
השורש למגמות ולדפוסים
אלה (כגון הסיבות
לאיחורים באספקה, או
לתקלות חוזרות במערכת).
מטרתה היא לספק מידע
קוהרנטי למקבלי החלטות,
וגם תובנות חכמות,
שיאפשרו לקבל החלטות
מיטביות



* מידע קוהרנטי: מידע הגיוני (Logical, Make sense) ומובן (Understandable).

תצורות, ארגון הנתונים מחייב גם שימוש במסדי נתונים ייחודיים (NoSQL), הנתונים פתרון אחסון וגישה למידע, שאינו ממודל במבנה טבלאי יחסי (קרי, שאינו ממודל במסד נתונים טבלאי).

טיוב מסדי הנתונים כולל ניקוי נתונים שגויים (כגון: כפולים, חלקיים, פגומים, בפורמט שגוי, וכו') באמצעות תיקונם או הסרתם. טיוב הנתונים הוא הכרחי, כדי להבטיח מידע מדויק ולגזור תובנות נכונות, התורמות ערך ממשי לארגון.

• **ניתוח הנתונים (Data analysis):** שלב זה כולל את כריית הנתונים (Data Mining) ואת ניתוחם, כדי לגלות מידע בעל משמעות למקבל ההחלטות. המידע מושג באמצעות זיהוי תבניות, כללים, דפוסים או הקשרים, הקיימים בנתונים (כגון מיתאם בין מועד ההגעה הצפוי של האונייה לבין העומס בנמלים). בדרך-כלל, הניתוח מתבצע באמצעות הפעלת אלגוריתם, או תכנית מחשב, המאפשרת לחלץ תכונות רלוונטיות מן הנתונים ולפתח מודלים וסיווגים, המבוססים על תכונות אלו. כיום, השפה השימושית ביותר לאחזור נתונים, בתשובה לשאלות, היא שפת התכנות (SQL (Structured Query Language). השפה מתאימה, בעיקר, לעיבוד מידע במסדי נתונים, במבנה טבלאי יחסי.

ניתוח נתונים מתקדם כולל שימוש בבינה מלאכותית (Artificial Intelligence) [AI]. שימוש זה מחייב למידת מכונה (Machine Learning), המאפשרת למחשב ללמוד מדוגמאות בלי להיות מתוכנתת ספציפית. הניתוח המתקדם עשוי לכלול גם שימוש בקוד פתוח (OpenAI).

• **הצגת הממצאים ומשמעותם (Interpret):** השלב האחרון בתהליך האנליטי כולל את הצגת התמונה המלאה למקבלי ההחלטות. קרי, הצגת המידע, המתקבל מניתוח הנתונים, ומהתובנות הנגזרות ממנו. שלב זה כולל הצגה ויזואלית ושיתוף הממצאים עם כל הגורמים הרלוונטיים (Visualize and share the findings). מקובל להציג את הממצאים באמצעות תרשימים, גרפים, טבלאות, וכו'. העברת המסר עשויה לכלול גם "סיפור נתונים" (Storytelling) ותובנות טקסטואליות.

מערכות בינה עסקית

בשנים האחרונות, הנהלות ארגונים החלו לאמץ מערכת בינה עסקית (Business Intelligence) [BI] כפלטפורמת ניתוח נתונים, המציבה סטנדרטים חדשים בעולם האנליטיקה. מערכת זאת מפיקה מידע בעל ערך לארגון, וגם תורמת תובנות רבות לניהול הפעילות העסקית. מערכות ה-BI כוללות: כריית מידע, עיבוד אנליטי מקוון (Online Analytical Processing) [OLP], ניהול ביצועים עסקיים (Business Performance Management).

גבוה, במהירות גבוהה ו/או במיגוון גבוה, הדורשים צורות חסכוניות וחדשניות של עיבוד מידע, כדי לאפשר תובנה משופרת, קבלת החלטות ואוטומציה של תהליכים ("Big data is high-volume, high-velocity") and/or high-variety information assets that demand cost-effective, innovative forms of information processing that enable enhanced insight, decision making, and process automation").

את העיכובים בקבלת משלוחים מן הספקים? חשוב לדייק את הגדרת הבעיה, קרי, להגדיר, אם היא מתייחסת לכל המשלוחים, או רק למשלוחים בקטיגוריה מסוימת (כגון משלוחים אווריים/ימיים/יבשתיים); להגדיר, אם היא מתייחסת לכל הספקים או לספקים בקטיגוריה מסוימת (כגון ספקי חומר-גלם בלבד); להגדיר, אם היא מתייחסת לכל התקופה, או לתקופה מסוימת (כגון בהתפרצות מגיפת הקורונה); וכו'.

• **איסוף נתונים (Data collection):** שלב זה כולל איסוף נתונים רלוונטיים מכל מקור אפשרי, הן בארגון והן מחוצה לו. מקורות לדוגמה: מערכת לניהול משאבי הארגון (Enterprise Resource Planning) [ERP], מערכת לביצוע הייצור (Manufacturing Execution System) [MES], מערכת לניהול המחסן (Warehouse Management System) [WMS], מערכת לניהול הפצה (Distribution Management System) [DMS], מאגרי מידע ממשלתיים וציבוריים (Government and public databases), מאגרי מידע מסחריים (Commercial Databases of company information Software), רישומי תוכנה (logs), ניירת, מסמכים דיגיטליים, וכו'; וכן מכשירי חישה (Sensing devices), קוראי זיהוי תדר-רדיו (Radio-frequency identification) [RFID] readers], מצלמות, מיקרופונים, וכו'.



• **ארגון הנתונים וטיובם (Data cleaning):** ריבוי הנתונים, המגיעים ממקורות שונים, מחייב לארגן את מסדי הנתונים (Databases), ולנקות נתונים שגויים מתוכם. ארגון הנתונים כולל את מיונם, את קטלוגם ואת אחסונם באופן נגיש וידידותי. זאת, כדי שיהיה אפשר לאחזרם בקלות ולהפיק מהם מידע בעל ערך. הארגון כולל גם לכידת נתונים (Data capture), המתועדים בניירת (כגון: חשבוניות, קבלות, שאלונים, וכו'), או במסמכים אלקטרוניים (כגון: דואר אלקטרוני, תמונות, סרטונים, וכו'); חילוצם מתוך המסמכים; והמרתם לפורמט דיגיטלי קריא. כאשר מדובר בנתוני עתק (Big Data) ** המאופיינים, בין-השאר, במיגוון

** נתוני עתק (Big Data) על-פי "Gartner": נכסי מידע בנפח

תפקידו של מנתח הנתונים (Data Analyst) הוא לחלץ נתונים גולמיים, לארגנם, לטייבם, לנתחם, ולהופכם למידע בעל משמעות. בסיום התהליך, הוא מדווח על ממצאיו למקבלי ההחלטות, וגם ממליץ על דרכי הפעולה הרלוונטיות (כגון להחליף מסלולי הפצה, או להחליף רכיב תקול במערכת)

[BPM], ניתוח השוואתי (Benchmarking), חיזוי אנליטי (Predictive Analytics), וכו'. במשך השנים, מערכות אלו השתכללו, וכיום אפשר להפיק מהן תובנות עסקיות חכמות ופורצות גבולות.

להלן סיווג אפשרי של מערכות BI, על-פי יכולת ניתוחן:
א. ניתוח תיאורי (Descriptive Analytics): המערכת תורמת ערך ויזואלי, המאפשר ללמוד "מה קרה". לדוגמה: תצוגה גרפית של התקלות בקו הייצור לאורך זמן.

ב. ניתוח מונחה (Guided Analytics): המערכת תורמת ערך ויזואלי ויכולת לנתח את הנתונים (באמצעות חיפוש), המאפשרים ללמוד "למה קרה". לדוגמה: חקר הסיבות הגורמות לתקלה.

ג. ניתוח אנליטי מנבא (Predictive Analytics): המערכת מאפשרת חיזוי של אירועים עתידיים, וניבוי "מה סביר שיקרה". לדוגמה: חיזוי תקלות עתידיות בקו הייצור, או ניבוי ביקושים עתידיים של לקוחות.

מערכת BI היא מערכת תומכת החלטה וכלי מפתח בידי מנהל שרשרת האספקה. יתרונות המערכת כוללים: ניתוח נתונים אינטגרטיביים בשרשרת האספקה (בארגון ומחוצה לו), ניצול המידע החבוי בשרשרת והפיכתו ליתרונות תפעוליים, בחינת מדדי ביצוע בזמן-אמת ותגובה הולמת מיידית, הגברת הזריזות והיכולת התחרותית, הבטחת תאימות לדרישות הלקוח ולשביעות רצונו, קבלת החלטות מיטביות לשיפור ביצועי השרשרת, מזעור הסיכונים בשרשרת וזיהוי ההזדמנויות לשיפור, וכו'.

להלן דוגמאות ליתרונות BI בשרשרת האספקה:

- **חיזוי ביקושים ועיתוד מלא:** תובנות על ביקושי לקוחות ובניית תמונה ברורה של הביקוש העתידי, תובנות התרומות לאיוון מיטבי של רמות המלאי בכל

ערוצי האספקה, וכו'.

- **רכש:** תובנות על מחירי שוק (כולל צפי של מחירים עתידיים); תובנות על ביצועי ספקים/קבלני-משנה/שותפים עסקיים (כגון: זמני אספקה, עמידה בדרישות איכות), וכו'.

- **שילוח בין-לאומי:** תחזיות מדויקות על הערכת מועד הגעת המטען לנמל היעד; תובנות על עיכובים צפויים בהגעה; תובנות להפחתת עמלות בגין עיכוב בהוצאת מכולות מלאות מן הנמל, ובגין איחור בהחזרת מכולות ריקות לנמל; וכו'.

- **ייצור והרכבה:** תחזיות מדויקות על עמידה בזמני הייצור ובזמני ההרכבה, תובנות על מגבלות המשאבים והשפעתם על קיבולת הייצור, תובנות על תקלות בייצור, וכו'.

- **אחזקת תשתיות ומערכות:** חיזוי תקלות וניבוי מוקדם של התקלות ברכיבים קריטיים, באמצעות מודלים אנליטיים, התורמים להפחתת אחזקת השבר עד למינימום, וכו'.

- **לוגיסטיקה:** תחזיות מדויקות על עמידה בזמני מסירה; תובנות על קצבי קליטה ופיזור, ליקוט ואריזה, וספירות מלאי; תובנות על טעויות ליקוט; וכו'.

- **הפצה:** תחזיות מדויקות על צפי מועד האספקה, תובנות על עיכובים הצפויים בהגעה, תובנות לשיפור רמת השירות ולהפחתת עלויות ההפצה, וכו'.

- **תהליכים עסקיים:** זיהוי צווארי בקבוק (Bottlenecks); כפילות מאמצים; פעילויות מיותרות, או חסרות-ערך; וכו'.

לסיכום, בעידן המודרני, הניהול האנליטי הוא כלי הכרחי לניהול שרשרת אספקה אפקטיבית ויעילה. הוא גם הבסיס לניהול הידע (Knowledge) בשרשרת האספקה, המאפשר לארגון לשפר את ביצועיו מול הלקוח, לייעל את העבודה, ולהפיק תועלת משיתוף הפעולה עם הספקים, קבלני-המשנה, והשותפים העסקיים. ■

בשנים האחרונות, הנהלות ארגונים החלו לאמץ מערכת בינה עסקית (Business Intelligence) [BI] כפלטפורמת ניתוח נתונים, המציבה סטנדרטים חדשים בעולם האנליטיקה. מערכת זאת מפיקה מידע בעל ערך לארגון, וגם תורמת תובנות רבות לניהול הפעילות העסקית

