

Гребенович С. О., Сініцина Р. Б.

ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНІВ МАЙБУТНІХ ПРОДАЖІВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЛАНУВАННЯ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВ

У цій статті розглянуто методи прогнозування рівнів майбутніх продажів і можливості їх використання у сучасних системах планування ресурсів підприємства. На прикладі *Dynamics 365 BusinessCentral* розглянуто практичне застосування таких методів, у тому числі з допомогою методів машинного навчання.

Також під час роботи було досліджено наявне рішення, що базується на аналізі часових рядів (*timeseries*), і запропоновано доповнення із застосуванням кластерного аналізу (*clustering*).

Ключові слова: планування ресурсів підприємства, прогнозування продажів, машинне навчання, часові ряди, кластеризація.

Прогнозування рівнів майбутніх продажів було і залишається одним із ключових завдань, що стоять на шляху до ефективного управління ресурсами на великих підприємствах найрізноманітніших галузей, а особливо роздрібною торгівлі. Недоотримані прибутки від втрачених продажів через брак асортименту чи, навпаки, надмірні витрати на зберігання небажаних товарів можуть призвести до втрати позицій на конкурентному ринку, призупинити розвиток компанії або й, врешті-решт, призвести до її банкрутства.

Окремі спеціалісти, а іноді підрозділи займаються аналізом історичних даних із метою планування. Цей процес може відбуватися між такими крайнощами, як рутинне множення показників минулих періодів на якийсь сталий коефіцієнт, з одного боку, та «вгадування» потрібних об'ємів співробітниками з добре розвиненою інтуїцією – з іншого. На практиці ж ці підходи комбінуються, коли рутинну частину виконують спеціалізовані системи на основі простих алгоритмів, а отриманий результат коригують спеціалісти на основі власного досвіду та знань про вплив зовнішніх чинників (як-от маркетингова діяльність, сезонність, погода тощо).

Ще донедавна побудова систем, що були б здатні допомогти людині у цьому процесі, здавалася занадто складною або ж занадто дорогою, оскільки потрібно враховувати дуже багато чинників.

Завдяки ефективності сучасних алгоритмів, доступності високошвидкісного апаратного забезпечення та хмарних обчислень, використання машинного навчання для промислових потреб стало можливим у реальному часі. Це дає змогу

використовувати його для щоденних потреб у найрізноманітніших галузях, зокрема для згаданого вище прогнозування та планування.

Системи планування ресурсів підприємства

Кожне бізнес-рішення ґрунтується на прогнозі тих переваг, які вони можуть принести у майбутньому. Будь-який прогноз, своєю чергою, неможливий без знань, отриманих із попереднього досвіду. Для підприємств таким досвідом є не що інше, як історія операцій або дій, що стосуються всіх можливих аспектів його щоденної роботи, реєстр прийнятих рішень і результуючих фінансових показників. Саме така історична база накопичується, обробляється та зберігається з допомогою систем планування ресурсів підприємства, які часто також називають ERP-системами (від англійської назви таких програмних продуктів – *Enterprise Resource Planning*).

Планування ресурсів підприємства – це можливість надати інтегрований пакет програмного забезпечення для бізнесу, що об'єднаний спільними процесами і моделями даних, широко та глибоко покриває наскрізні процеси, що стосуються фінансів, управління персоналом, постачання, виробництва та дистрибуції [3].

Створення або впровадження таких програмних комплексів допомагає вирішити низку проблем, із якими можуть стикатися сучасні підприємства у своїй діяльності:

- автоматизувати процеси, що до цього не були формалізовані, виконувалися або підтверджувалися на папері або з допомогою електронних таблиць, вимагали значних затрат часу з боку співробітників;

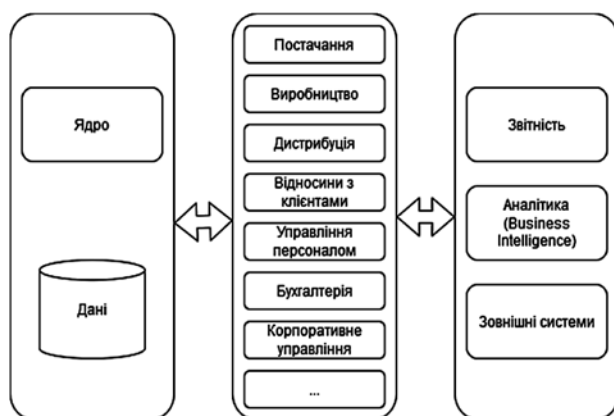


Рис. 1. Структура типової системи планування ресурсів підприємства

- уніфікувати однотипні дані, що надходять від різних підрозділів або є наслідком виконання різних процесів із метою полегшення їх подальшого аналізу;
- систематизувати та об'єднати загальну інформацію у вигляді аналітичних та фінансових звітів, необхідних для прийняття управлінських рішень та презентації результатів їх роботи власникам, акціонерам або регуляційним органам.

Зазвичай компанії стоять перед вибором – будувати комплексні системи під свої потреби чи впроваджувати готове рішення від зовнішнього постачальника. Власні розробки надають повний контроль над кодом програмного забезпечення і термінами його створення, однак для них потрібно постійно утримувати відповідний персонал та інфраструктуру; надають порівняно менший кінцевий обсяг функціоналу, причому подальший його розвиток щоразу потребуватиме додаткових високих витрат. Своєю чергою, зовнішні постачальники пропонують уже готові рішення, із ширшим функціоналом, гнучкою підтримкою та навчанням, але залежністю від постачальника у разі необхідності змін або підтримки [6].

Вибір підходу також залежить від розміру та рівня зрілості підприємства. Більші організації з формально окресленими власними процесами схильні віддавати перевагу побудові власних рішень. Тимчасом як упровадження готових рішень допомагає іншим організаціям удосконалити власні процеси за рахунок адаптації їх під найкращі галузеві практики.

На цей момент найбільшими постачальниками готових рішень є SAP, Oracle та Microsoft. Вони надають цілі лінійки як класичних систем, так і «хмарних» сервісів (Software as a Service) планування ресурсів підприємства, що охоплюють

найрізноманітніші галузі та займають значну долю ринку [2].

Важливо зауважити, що у нинішній час, коли інтеграція між різними системами вже не становить великої проблеми завдяки стандартизованим підходам, надійним і високо доступним прикладним програмним інтерфейсам, повна централізація даних і процесів може не надавати таких переваг, як раніше. Це породжує нові виклики, і відповідні зміни парадигм є дуже на часі.

Прогнозування рівнів майбутніх продажів

Розуміння потенційних рівнів продажів у майбутній період є вкрай необхідним, особливо для компаній, що працюють у сферах роздрібною торгівлі і не мають власного виробництва, через такі причини:

- недоотримання прибутків – компанії несуть прямий ризик втрати можливого прибутку, якщо немає відповідного асортименту у разі підвищеного попиту;
- витрати на зберігання – товари, що зберігаються упродовж довгого часу, породжують додаткові витрати на обслуговування складських приміщень. Місце безпосередньо у місцях продажу можна було б використати для товарів із більшою імовірністю реалізації;
- маркетингова активність – вчасно помічена проблема з надмірними залишками товарів дає змогу якісніше планувати кампанії із просування певних товарів, стимулюючи попит без непотрібних витрат;
- списання – товари, що не продані протягом довгого часу, мають бути списані, що зменшить загальний прибуток;
- планування грошових потоків – більш точний прогноз доходів від реалізації і, як наслідок, витрат на закупівлю та зберігання дає можливість точніше планувати фінансову активність, зокрема, не робити витрати на кредитні кошти або ж, навпаки, отримувати відсотковий дохід за депозитами.

Під час прогнозуванні рівнів продажів використовують такі основні підходи, незалежно від можливості їх автоматизації [8]:

- *кластерний аналіз* – метод, що ґрунтується на розбитті великих наборів даних на менші за допомогою спільних ознак, таким способом, щоб спростити аналіз і полегшити виявлення закономірностей. Отримані категорії надалі можуть бути використані для класифікації нових елементів (товарів), щоб спрогнозувати їхню майбутню поведінку або ж для більш точної роботи в рамках кожної категорії;

- *описовий аналіз* – полягає у описі минулих подій та спробі охарактеризувати їх вплив із метою спрогнозувати подібні події в майбутньому;
- *аналіз викидів* – виявлення викидів у даних – нетипових елементів, що не збігаються з загальними тенденціями. Такі елементи вилучають із загального аналізу, покращуючи його якість, і розглядають окремо;
- *факторний аналіз* – аналіз впливу певних чинників на поведінку даних. Прогнозування у такому випадку значною мірою зводиться до прогнозування появи чинників, що мають найбільший вплив;
- *аналіз часових рядів* – послідовний аналіз зміни історичних даних із часом із метою виокремити закономірності й застосувати їх для майбутніх даних. Базується на припущенні, що рівні продажів повторюються з часом, наприклад, залежно від сезонності або загальних тенденцій;
- *регресійний аналіз* – спроба виявити зв'язок між попитом та іншими змінними величинами для виявлення закономірностей, що дали б змогу побудувати функцію поведінки від майбутніх значень таких величин. У простих випадках може застосовуватися лінійна регресія – стандартний статистичний метод.

Використання загальних підходів добре себе зарекомендувало для звичного роздрібного бізнесу, коли динаміка ринків була порівняно повільною і попит піддавався класичному аналізу. Ситуація змінилася разом із вибуховим розвитком електронної торгівлі, коли маркетингові інструменти стали гнучкішими, зміни попиту – дина-

мічнішими, а кількість доступних аналітичних даних, як і чинників, що впливають на продажі, суттєво зростає.

Одним із можливих підходів до вирішення цієї проблеми є використання машинного навчання, яке із суто наукового заняття та теми для профільних спеціалістів і організацій перетворилося на загальнодоступний механізм розв'язання прикладних задач.

Підходи до промислової реалізації

Постачальники систем планування ресурсів підприємства надають багато інструментів для прогнозування рівнів майбутніх продажів. Розглянемо характерні підходи на прикладі Dynamics 365 BusinessCentral – системи для малого та середнього бізнесу з лінійки продуктів Microsoft.

У базовій версії системи прогнозування попиту відбувається переважно в ручному режимі. Відповідна функціональність під назвою Sales Budgeting дає користувачеві змогу вводити дані на основі власних обрахунків і прогнозів, а також прослідкувати відповідність планів фактичним продажам у майбутньому з допомогою відповідних звітів. Система надає всю необхідну інформацію, щоб підкріпити рішення, але в центрі все одно залишається людина з її власними вміннями та навичками роботи з доступними історичними даними. Автоматизація процесу в цьому випадку є доволі обмеженою.

Проте, окрім базового функціоналу Dynamics 365 BusinessCentral дає змогу створювати розширення як для конкретної імплементації системи (вертикальні рішення), так і для ширшого доступу (горизонтальні рішення). Це забезпечується за допомогою AppSource – єдиний портал корпорації Microsoft для розповсюдження розширень до всіх її продуктів. На цьому порталі доступне стандартне (створене розробниками системи) розширення для SalesandInventoryForecast [7], що дає змогу інтегрувати систему із зовнішніми сервісами прогнозування.

Це можуть бути як сервіси від сторонніх постачальників, так і власні. Як основа для побудови власного сервісу в Azure AI Library доступний шаблон відповідної моделі [4].

Code	Name	Budgeted Quantity	Budgeted Sales Amount	Budgeted Cost Amount	20-04
1896-S	ATHENS-työpöytä	0,00	0,00	0,00	
1900-S	PARIS-vierastuoli, musta	0,00	0,00	0,00	
1906-S	ATHENS iikkuva jalusta	0,00	0,00	0,00	
1908-S	LONDON-toimistotuoli, sin.	0,00	0,00	0,00	

Рис. 2. Бюджет продажів у Dynamics 365 BusinessCentral

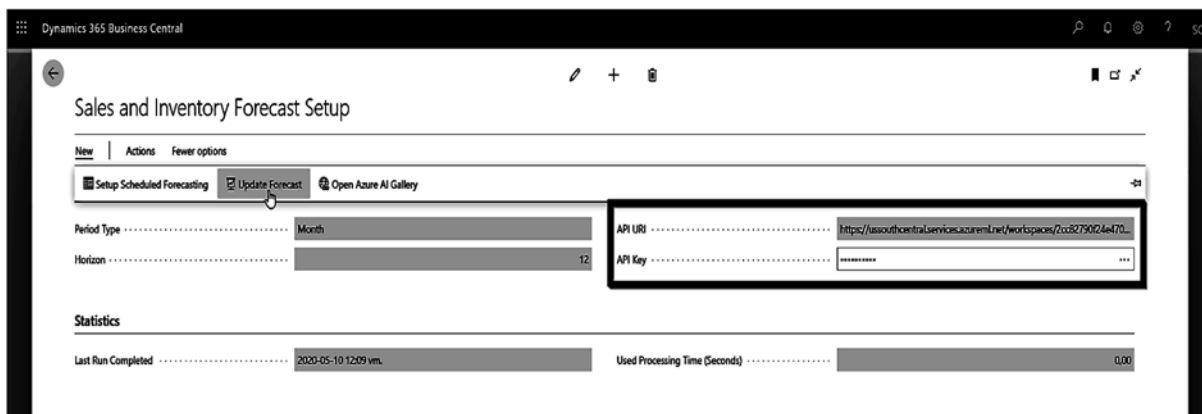


Рис. 3. Сторінка налаштування розширення Sales and Inventory Forecast

В основі моделі лежить використання алгоритму Microsoft TimeSeries, що реалізується з допомогою блоку виконання скриптів мовою R. Алгоритм складається з декількох частин:

- Autoregressive integrated moving average (ARIMA);
- експоненційне згладжування – exponential-smoothing (ETS);
- Seasonal and Trend decomposition using LOESS (STL).

Частини алгоритму можуть виконуватися окремо або ж комбінуватися з метою отримати найнижчу середню абсолютну відсоткову помилку (mean absolute percentage error).

За результатами навчання моделі отримують індивідуальні прогнози рівнів майбутніх продажів для товарів із достатньою кількістю історичних даних (рис. 5).

Такий підхід дає можливість для глибшої автоматизації процесу планування та зниження впливу людських чинників.

Проаналізувавши архітектуру, алгоритми, принципи та результати роботи, було виявлено декілька чинників, що можуть понижувати якість прогнозу, що продукується наявним рішенням:

- за великої кількості товарів сезонність для принципово різних категорій товарів може значно відрізнятися, згладжуючи при цьому розподіли, отримані з допомогою аналізу часових рядів;
- використовуються однакові закономірності для продуктів на різних фазах їх життя;
- можлива значна різниця у поведінці більш та менш популярних товарів або товарів, що мають попит у різних групах покупців;
- товари з низьким оборотом можуть впливати на загальний розподіл.

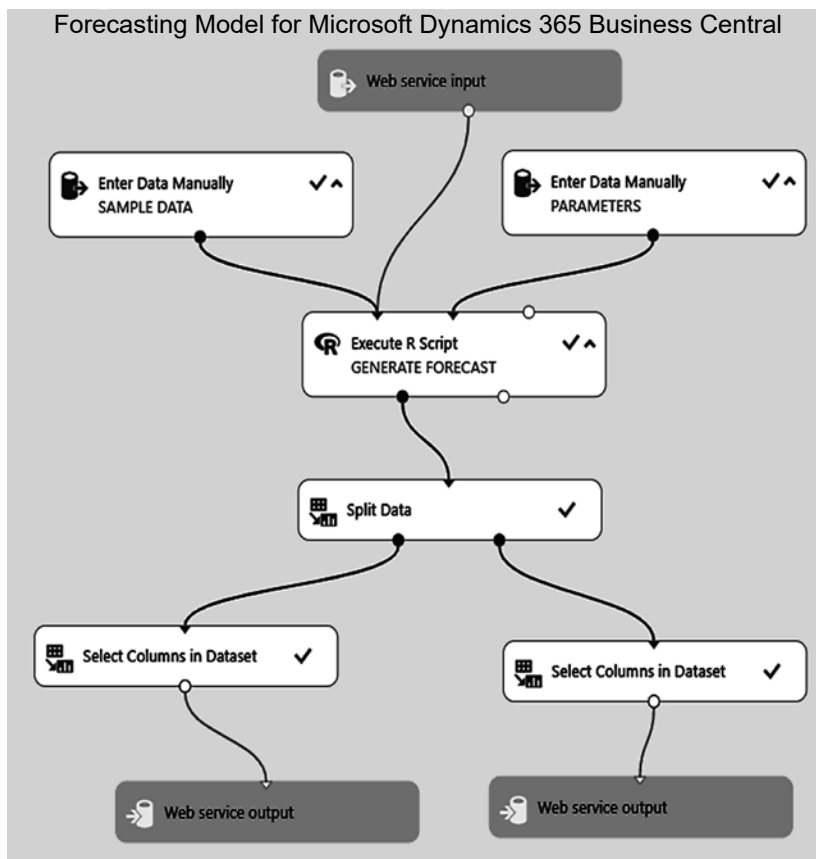


Рис. 4. Структура досліджуваної моделі прогнозування рівнів продажів

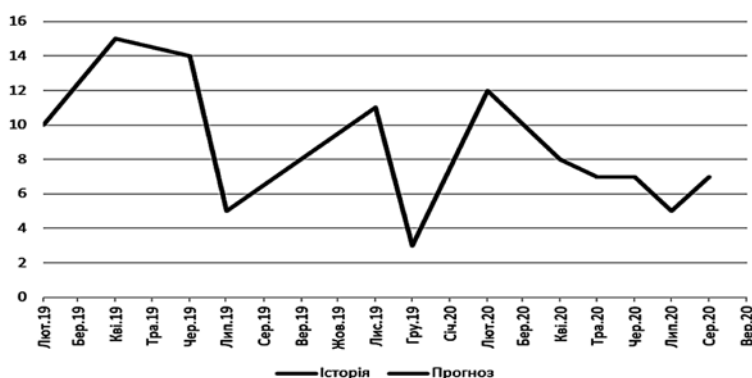


Рис. 5. Приклад історії фактичних рівнів продажів і прогнозу майбутніх рівнів продажів індивідуального товару

Наступні кроки

Для того щоб виокремити групи товарів із суттєво різною поведінкою, пропонується застосувати додаткову модель із використанням кластеризації (k-means). Використання кластеризації є корисним при визначеності закономірностей часових розподілів [1], може забезпечити отримання більш зручного та якісного прогнозу для кожного із виділених кластерів [5].

Додатково, інформація про належність товарів до конкретних кластерів сама по собі несе корисні дані для спеціалістів, що працюють із категоризацією товарів або займаються ABC-аналізом.

Із метою перевірки можливостей для реалізації такого підходу було успішно створено рішення з архітектурою, подібною до запропонованої Microsoft, а саме побудовано модель для кластеризації на основі машинного навчання у Microsoft AzureMachineLearningStudio, інтегровану з Dyna-

mics 365 BusinessCentral. З його допомогою було розбито наявні товари на кластери на основі загальної кількості проданих товарів і маржинальності.

Для перевірки позитивного ефекту від наведеної гіпотези пропонується провести кількісну оцінку на основі доступних великих наборів даних і порівняти результати стандартного рішення з альтернативним рішенням, що буде проводити попередню кластеризацію даних.

Висновки

На цей момент у системах планування ресурсів підприємств багато процесів, пов'язаних із плануванням рівнів майбутніх продажів, виконують вручну, хоча і з певним рівнем автоматизації. Постачальники забезпечують можливості для інтегрування з відповідними сервісами для глибшої автоматизації, зокрема інтеграцію з сервісами з використанням машинного навчання. Зауважимо, що є усвідомлення важливості таких сервісів і відбуваються дії для їх подальшого розвитку.

На прикладі Dynamics 365 BusinessCentral було встановлено, що поширені системи управління ресурсами підприємства забезпечують достатню гнучкість для самостійного впровадження рішень із планування попиту, однак функціональність базових версій може бути покращено з метою забезпечення потреб користувачів, що невинно зростають.

Список літератури

- Cheriy S. et al. Intelligent Sales Prediction Using Machine Learning Techniques / S. Cheriy et al. // International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering. – 2018. <https://www.doi.org/10.1109/iCCECOME.2018.8659115>
- Elbahri M. et al. Difference Comparison of SAP, Oracle, and Microsoft Solutions Based on Cloud ERP Systems: A Review / M. Elbahri et al. // IEEE 15th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA), At Penang, Malaysia. – 2019. <https://www.doi.org/10.1109/CSPA.2019.8695976>
- Enterprise Resource Planning (ERP). Information Technology Gartner Glossary [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/enterprise-resource-planning-erp>.
- Forecasting Model for Microsoft Dynamics 365 Business Central. Azure AI Gallery [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gallery.azure.ai/Experiment/Forecasting-Model-for-Microsoft-Dynamics-365-Business-Central>.
- Maitra S. Sales Prediction using Clustering & Machine Learning (ARIMA & Holt's Winter Approach) [Electronic resource] / S. Maitra // Towards Data Science. 2019. – Mode of access: <https://towardsdatascience.com/clustering-machine-learning-combination-in-sales-prediction-330a7a205102>.
- Shahzad B. et al. Build Software or Buy: A Study on Developing Large Scale Software / B. Shahzad et al. // IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – Pp. 24262– 24274. <https://www.doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2762729>
- The Sales and Inventory Forecast Extension. Microsoft Documentation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://docs.microsoft.com/en-us/dynamics365/business-central/ui-extensions-sales-forecast>.
- Wilson E. The 6 Models Used in Forecasting Algorithms [Electronic resource] / E. Wilson // Institute of Business Forecast & Planning. – Mode of access: <https://demand-planning.com/2019/04/22/forecasting-algorithms>.

References

- Cheriyani, S., et al. (2018). *Intelligent Sales Prediction Using Machine Learning Techniques*. International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering. <https://www.doi.org/10.1109/iCCECOME.2018.8659115>
- Elbahri, M., et al. (2019). *Difference Comparison of SAP, Oracle, and Microsoft Solutions Based on Cloud ERP Systems: A Review*. IEEE 15th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA), At Penang, Malaysia. <https://www.doi.org/10.1109/CSPA.2019.8695976>
- Enterprise Resource Planning (ERP). Information Technology Gartner Glossary. Retrieved from <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/enterprise-resource-planning-erp>.
- Forecasting Model for Microsoft Dynamics 365 Business Central. Azure AI Gallery. Retrieved from <https://gallery.azure.ai/Experiment/Forecasting-Model-for-Microsoft-Dynamics-365-Business-Central>.
- Maitra, S. (2019). *Sales Prediction using Clustering & Machine Learning (ARIMA & Holt's Winter Approach)*. Towards Data Science. Retrieved from <https://towardsdatascience.com/clustering-machine-learning-combination-in-sales-prediction-330a7a205102>.
- Shahzad, B., et al. (2017). Build Software or Buy: A Study on Developing Large Scale Software. *IEEE Access*, 5, 24262–24274. <https://www.doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2762729>
- The Sales and Inventory Forecast Extension. Microsoft Documentation. Retrieved from <https://docs.microsoft.com/en-us/dynamics365/business-central/ui-extensions-sales-forecast>.
- Wilson, E. *The 6 Models Used in Forecasting Algorithms*. Institute of Business Forecast & Planning. Retrieved from <https://demand-planning.com/2019/04/22/forecasting-algorithms>.

S. Hrebenovych, R. Sinitsyna

SALES FORECASTING FOR ENTERPRISE RESOURCE PLANNING SYSTEMS

This paper reviews sales forecasting methods and its ability to be used in modern enterprise resource planning systems. Having Dynamics 365 Business Central as an example was reviewed for the practical application of such methods, including those using machine learning techniques. During the described work existing solution based in time series algorithms was investigated and analyzed in detail, suggestions were made regarding the clustering techniques usage.

Enterprise resource planning is defined as an ability to deliver the business software that unifies processes and data models within various areas such as finance, human resource management, supply chain management, manufacturing, distribution, etc. This paper highlights the problems that can be solved using this type of software, namely: automate the processes that were not formalized before; unify data captured by different departments for its better analysis; collect, group, and aggregate information for analytical and reporting purposes. Pros and cons for building its own solutions compared to implementation of solutions from reliable vendors are presented. Top vendors on the market are identified.

Benefits of accurate sales forecasting and its importance to the business are identified: preventing missed sales, decreasing storage costs, improving marketing activities, decreasing write-offs, and improving cash flow. From another side, the common sales forecasting techniques are listed and described: clustering, descriptive, factor, time series, and regression analysis methods. Machine learning is considered as a prospective option for efficient automation of the analytical processes.

Next, the specific implementation of enterprise resource planning system – Dynamics 365 Business Central – is reviewed in scope of the sales forecasting problem. It is identified that the ability of the standard solution is limited with Sales Budgeting functionality that can support manual sales forecasting but lacks automation for the future sales figures. However, its system can be extended using Sales and Inventory Forecast which in its turn can utilize the benefits of artificial intelligence techniques by means of Microsoft Azure Machine Learning service. Existing experiment that was reviewed in scope of this paper, had been based on Microsoft Time Series algorithm and combined the best results from the following techniques: autoregressive integrated moving average (ARIMA), exponential smoothing (ETS), and seasonal and trend decomposition using LOESS (STL).

The following potential areas for improvement were identified in the existing approach: for large item portfolio the seasonality may significantly differ from one group of items to other; the same approach is applied to items on different life cycle stage; there could be a huge difference in behavior of slow and fast moving items; non-moving items may impact the overall picture.

As a potential improvement, the usage of the clustering analysis methods is proposed. The author suggests splitting items into clusters using k-means machine learning method before performing time series analysis and assessing the impact of this approach on a large verified data set.

Keywords: enterprise resource planning, sales forecasting, machine learning, time series, clustering.

