лися звичайно компанії ініціативніші, а не ті, які просто реагували на умови, що змінилися, або захищалися. Досягаючи успіху, компанії роблять стратегічні наступи для забезпечення своєї конкурентної переваги, а потім використовують свою частку ринку, щоб досягти фінансових успіхів. Щоб визначити стратегію, необхідно вивчити внутрішній стан фірми і зовнішні чинники. Тільки чітко уявляючи положення своєї компанії на ринку, враховуючи його особливості, менеджер може краще визначити стратегію, що сприятиме досягненню намічених цілей і фінансових результатів, оскільки неправильна оцінка ситуації підвищує ризик невірної розробки стратегічних дій.

Список використаних джерел

1. Ансофф И. Стратегическое управление / И. Ансофф. Сокр. пер. с англ.; Науч. ред. и авт. предисл. Л.И. Евенко. – М.: Экономика, 2009. – 352 с.

2. Арефєва О.В., Сахаєв В.Г., Ареф'єв О.В., Попрозман О.І. та ін. Економіка підприємства: Навч. посіб. / О.В. Арефєва, В.Г. Сахаєв, О.В. Ареф'єв, О.І. Попрозман та ін. – К.: Вид–во Європ. ун–ту, 2003. – 237 с.

3. Манів З.О., Луцький І.М. Економіка підприємства: Навч. посіб. / З.О. Манів, І.М. Луцький. – 2–ге вид. – (Вища освіта XXI століття). – К.: Знання, 2009. – 580 с.

4. Мацибора В.І., Збарський В.К., Мацибора Т.В. Економіка підприємства: Навч. посібник / В.І. Мацибора, В.К. Збарський, Т.В. Мацибора – К.: Каравела, 2008. – 312 с.

5. Минцберг Г., Альстрэнд Б., Лэмпел Дж. Школы стратегии / Г. Минцберг, Б. Альстрэнд, Дж. Лэмпел Пер.с англ.; Под ред. Ю.Н. Каптуревского. – СПб.: Питер, 2011. – 336 с.

6. Васильева Е.С. Понятие производственной структуры и ее составляющие // Справочник экономиста – 2006. – №1 – С. 87.

7. Цебровская З., Кориенко Н., Козарчук О. Слаженные звенья // Управленческий учет и бюджетирование. – 2009. – №1–2. – С. 56.

Т.В. МАНЖОС,
к. ф.–м. н., доцент, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана,
Ю.В. КУНИЦЬКА,
інженер–програміст першої категорії, НДЕІ «Квант–Радіоелектроніка»

Одноперіодна модель управління запасами в умовах невизначеності гібридного типу

У статті розглянуто задачу визначення оптимального розміру запасу підприємства в умовах нечітких випадкових даних. З огляду на лінгвістичний характер прогнозу майбутнього попиту побудовано алгоритм пошуку оптимального нечіткого значення і відповідного йому дійсного значення обсягу замовлення, що максимізує функцію прибутку. Розглянуто випадок, коли нечіткі дані є дискретною трапецієвидною випадковою величиною.

Ключові слова: *одноперіодна задача управління запасами, оптимальний обсяг запасу, дискретна нечітка випадкова величина, невизначеність гібридного типу.*

Исследуется задача определения оптимального размера запаса предприятия в условиях нечетких случайных данных. Найден алгоритм поиска оптимального нечеткого значения и соответственного действительного значения размера заказа, которое максимизирует функцию ожидаемого дохода. Рассмотрен случай нечетких данных, представленных в виде дискретной трапециевидной случайной величины.

Ключевые слова: *однопериодная задача управления запасами, оптимальный размер запаса, дискретная нечеткая случайная величина, неопределенность гибридного типа.*

We study the single–period inventory model where demand is fuzzy random value. The algorithm for determination fuzzy and accordingly real order quantity was found. We investigated a case of discrete trapezoid data of demand.

Keywords: *single–period inventory model, optimal order quantity, discrete fuzzy random value, hybrid uncertainty.*

Постановка проблеми. При розв'язанні задач пошуку оптимальних стратегій управління запасами підприємств та їх об'єднань перед особами, відповідальними за прийняття рішень, постає питання, як врахувати невизначеність та випадковість попиту. У цьому розрізі при побудові моделей функціонування системи запасів слід брати до уваги дві складові невизначеності: стохастичну та лінгвістичну природу прогнозів. На даний час величезна кількість робіт вітчизняних та зарубіжних вчених присвячена моделям управління запасами в умовах, коли попит є дискретною або неперервною випадковою величиною з відомим або таким, який можна оцінити, законом розподілу ймовірностей. На практиці ж ця ситуація дещо ускладнюється, адже крім невизначеності суто стохастичного характеру існує невизначеність, пов'язана із судженнями експертів щодо майбутнього попиту на ресурс компанії. Оскільки на попит впливає велика кількість різноманітних чинників як ендогенного, так і екзогенного характеру, спрогнозувати його на основі лише даних з попередніх періодів надзвичайно важко. Крім того, детальна інформація про попит у минулих періодах часто відсутня. Саме тому в цьому випадку є важливою думка незалежних експертів, які, спираючись на досвід та тенденції, можуть з певною ймовірністю спрогнозувати обсяг майбутнього попиту. Звідси й випливає невизначеність гібридного типу: нечітка випадкова величина попиту, що має прямий вплив на прийняття рішень щодо створення запасів.

Аналіз досліджень та публікацій з проблеми. Моделі управління запасами протягом одного періоду в умовах невизначеності стохастичного характеру за різних додаткових умов широко описані в літературі. Галего та Мун [1] визначили одноперіодну задачу як інструмент для знаходження оптимального розміру запасу, якщо існує одноразова можливість закупки потрібного товару перед початком періоду та попит на цей товар є випадковим. Крім того, у моделі, розробленій авторами, не використовується в явному вигляді закон розподілу попиту, який у більшості випадків невідомий, а потрібні відомості лише про математичне сподівання та дисперсію. Такий же підхід до розв'язання задачі «продавця газет», як ще називають задачу управління запасами протягом одного періоду, був використаний в роботах [2, 3] за умов обмежень на бюджет, з різними ступенями обробки товару – від сировини до готового виробу, у випадках з одно– та багатопродуктовими запасами.

Робота Хойї [4] присвячена широкому огляду розроблених одноперіодних моделей з їх класифікацією та перспективами подальшого вивчення.

Поряд із роботами, в яких враховано невизначеність суто стохастичного характеру, є значна кількість робіт, в яких підхід до розв'язання даної проблеми базується на використанні нечітких множин. Петровіц та ін. [5] запропонували дві моделі, які описувалися дискретним нечітким попитом і витрати, відповідно, теж були змодельовані за допомогою нечітких множин. У роботах [6–8] було використано аналогічний підхід до розв'язання розглядуваної задачі за різних додаткових умов та обмежень.

Невизначеність гібридного типу в подібних задачах, тобто нечіткий випадковий характер попиту або інших складових моделі управління запасами, почала вивчатись порівняно недавно. Відзначимо роботи індійських вчених [9, 10], в яких побудовано алгоритми пошуку оптимальних стратегій за нечіткого усіченого нормального попиту та за дискретного трикутного нечіткого випадкового попиту.

Основною ***метою статті*** є описання алгоритму знаходження оптимального обсягу запасу в умовах нечітких випадкових даних. Адже зрозуміло, що при максимізації очікуваного прибутку повинен досягатись баланс між витратами зберігання надлишку запасу та коштами, що будуть витрачені у випадку недостачі ресурсу. З огляду на це та на лінгвістичний випадковий характер майбутнього попиту пошук оптимальної стратегії функціонування системи запасів є актуальним.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо одноперіодну однопродуктову модель управління запасами в умовах невизначеності гібридного типу. Тобто невідомий попит на ресурс підприємства (сировина, товар тощо), який буде мати місце в розглядуваному періоді, є випадковою лінгвістичною змінною, що базується на судженнях експертів. Оскільки з впевненістю сказати, що попит буде, наприклад, «між 100 та 200 одиницями» (тобто є фактично детермінованою нечіткою трапецієвидною величиною), як правило, не можливо, то реальну ситуацію можна описати з використанням випадкової нечіткої величини. Це означає, що твердження, висловлені експертами щодо майбутнього попиту, є значеннями лінгвістичної змінної, кожне з яких може бути реалізоване з певною ймовірністю. Тобто маємо невизначеність типу «можливо попит буде від 100 до 200 одиниць». Оскільки кожен з експертів прогнозуючи обсяг попиту в наступному періоді керується певними правилами, пріоритетність яких визначається суб'єктивно, та спирається на досвід, можливі суттєві відмінності в їхніх прогнозах.

Щоб змоделювати таку ситуацію та побудувати відповідний алгоритм пошуку оптимального значення обсягу потрібного запасу на етап, введемо такі позначення: Q – обсяг одноразового замовлення; $\tilde{X}$ – випадковий нечіткий дискретний попит із заданим набором даних $\{(\tilde{x}_1, p_1), (\tilde{x}_2, p_2), ..., (\tilde{x}_n, p_n)\}$, де всі реалізації величини $\tilde{X}$ є трапецієвидними нечіткими числами $\tilde{x}_i$, $i = \overline{1,n}$, з вершинами (a_i, b_i, c_i, d_i); p_i – ймовірність того, що змінна $\tilde{X}$ набуде значення $\tilde{x}_i$; c – закупівельна вартість одиниці товару; p – відпускна ціна одиниці товару; h – витрати, пов'язані зі зберіганням одиниці товару за етап; s – витрати, пов'язані з недостачею одиниці товару в кінці етапу. За припущення, що товар має короткий термін використання (це можуть бути продукти харчування, модні речі тощо), передбачається, що залишки збуваються в кінці періоду за зниженою ціною. Витрати від втраченого попиту не враховуються (є нульовими).

Нехай функція належності $\tilde{x}_i$, $i = \overline{1,n}$ визначена таким чином:

$$\mu_{\tilde{x}_i}(x) = \begin{cases} 0, \ \textit{якщо } x \le a_i \textit{ або } x > d_i; \\ L(x) = \dfrac{x - a_i}{b_i - a_i}, \ \textit{якщо } a_i < x \le b_i; \\ 1, \ \textit{якщо } b_i < x \le c_i; \\ R(x) = \dfrac{x - d_i}{c_i - d_i}, \ \textit{якщо } c_i < x \le d_i. \end{cases}$$

Побудуємо цільову функцію прибутку за етап. Отже, якщо $\tilde{x}_k$ – нечіткий обсяг закуповуваного на початку періоду товару, то функція прибутку має вигляд:

$$\tilde{P}(\tilde{x}_k, \tilde{X}) = \begin{cases} p\tilde{x}_i - c\tilde{x}_k - h(\tilde{x}_k - \tilde{x}_i), \ \textit{якщо } \tilde{x}_i \precsim \tilde{x}_k; \\ (p - c)\tilde{x}_k - s(\tilde{x}_i - \tilde{x}_k), \ \textit{якщо } \tilde{x}_i \succsim \tilde{x}_k, \end{cases} \quad (1)$$

для $i = \overline{1,n}$.

Оскільки оптимальну стратегію будемо шукати за критерієм максимізації прибутку, проаналізуємо побудовану цільову функцію (1).

Спочатку знайдемо оптимальне нечітке число $\tilde{x}_k^*$, тобто виберемо значення лінгвістичної змінної, яке в сенсі максимізації прибутку є найкращим. Зазначимо, що величина прибутку $\tilde{P}(\tilde{x}_k, \tilde{X})$ при кожному фіксованому $\tilde{x}_k$ сама є випадковою нечіткою величиною, як лінійна функція випадкового нечіткого аргументу.

З метою пошуку оптимального нечіткого обсягу замовлення $\tilde{x}_k^*$, яке відповідає одному з прогнозованих нечітких величин попиту, визначимо середнє значення прибутку, що є аналогом математичного сподівання дискретної випадкової величини:

$$\tilde{E}_{Pk} = \tilde{E}_P(\tilde{x}_k, \tilde{X}) = \sum_{i=1}^{k}[p\tilde{x}_i - c\tilde{x}_k - \\ - h(\tilde{x}_k - \tilde{x}_i)]p_i + \sum_{i=k+1}^{n}[(p-c)\tilde{x}_k - s(\tilde{x}_i - \tilde{x}_k)]p_i \quad (2)$$

Операції над нечіткими числами будемо визначати з використанням α – рівнів. Оскільки $\tilde{E}_{Pk}$ – нечітке число, то його α – рівнем є відрізок

$$E_{Pk}(\alpha) = E\left[P_k(\alpha)\right] = \left[E(P_{kL}(\alpha)), E(P_{kR}(\alpha))\right], \ \forall 0 \le \alpha \le 1,$$

де $P_k(\alpha)$ – α – рівень прибутку $\tilde{P}(\tilde{x}_k, \tilde{X})$.

Зазначимо, що число $\tilde{E}_{Pk} = (a_{Ep}, b_{Ep}, c_{Ep}, d_{Ep})_k \ \forall k$ є трапецієвидним, як лінійна комбінація трапецієвидних, причому

$$a_{Ep} = E\left[P_{kL}(\alpha=0)\right] = \sum_{i=1}^{k}[(p+h)a_i - (c+h)d_k]p_i + \sum_{i=k+1}^{n}[(p-c+s)a_k - sd_i)]p_i;$$

$$d_{Ep} = E\left[P_{kR}(\alpha=0)\right] = \sum_{i=1}^{k}[(p+h)d_i - (c+h)a_k]p_i + \sum_{i=k+1}^{n}[(p-c+s)d_k - sa_i)]p_i;$$

$$b_{Ep} = E\left[P_{kL}(\alpha=1)\right] = \sum_{i=1}^{k}[(p+h)b_i - (c+h)c_k]p_i + \sum_{i=k+1}^{n}[(p-c+s)b_k - sc_i)]p_i;$$

$$c_{Ep} = E\left[P_{kR}(\alpha=1)\right] = \sum_{i=1}^{k}[(p+h)c_i - (c+h)b_k]p_i + \sum_{i=k+1}^{n}[(p-c+s)c_k - sb_i)]p_i.$$

Для знаходження оптимального нечіткого значення обсягу запасу, дефаззифікуємо $\tilde{E}_{Pk}$ з використанням методу «інтегрування градуйованого середнього» (Graded Mean Integration Representation, GMIR) [11], після чого максимізуємо отриману дійсно значну функцію від *k*.

Відомо (див. [11]), що за використання зазначеного методу дефаззифікації для трапецієвидного числа *A = (a,b,c,d)* отримаємо дійсне число *G(A)*, яке можна знайти за формулою

$$G(A) = \frac{a+2b+2c+d}{6}. \quad (3)$$

Таким чином, якщо для будь-якого *k*, $k = \overline{1,n}$, поставити у відповідність знайдене за формулою (3) $G(\tilde{E}_{Pk})$, отримаємо дійснозначну функцію дискретного аргументу: $G(k) = G(\tilde{E}_{Pk})$. Умовою існування локального максимуму цієї функції є виконання нерівностей

$$G(k-1) < G(k) > G(k+1) \quad (4)$$

для деякого *k*.

Далі, використовуючи нерівності (4), отримаємо:

$$(p-c+s)\sum_{i=1}^{n} p_i - (p+h+s)\sum_{i=1}^{k-1} p_i > 0,$$

$$(p+h+s)\sum_{i=1}^{k} p_i - (p-c+s)\sum_{i=1}^{n} p_i > 0.$$

Оскільки, за умовою нормування $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$, то оптимальне значення *k* можна визначити за допомогою співвідношення:

$$\sum_{i=1}^{k-1} p_i < \frac{(p-c+s)}{(p+h+s)} < \sum_{i=1}^{k} p_i. \quad (5)$$

Отже, формула (5) дає змогу отримати номер *k* і відповідне йому нечітке значення $\tilde{x}_k = \tilde{x}_k^*$, яке є оптимальним обсягом замовлення, зважаючи на ймовірності прогнозів та очікувану прибутковість. Таким чином, значення нечіткої цільової змінної – обсягу запасу ресурсу на етап знайдено.

Зважаючи на лінгвістичний характер $\tilde{x}_k^* = (a_k^*, b_k^*, c_k^*, d_k^*)$, побудуємо алгоритм пошуку оптимального дійсного числа *Q**, яке, очевидно, належатиме відрізку $\left[a_k^*, d_k^*\right]$ і буде шуканим обсягом запасу, який слід зробити на початку періоду з метою отримання максимального очікуваного прибутку.

Для знаходження оптимального значення *Q**, побудуємо і максимізуємо дійсну функцію *H(Q)*, значення якої для кожного *Q* отримані в результаті дефаззифікації нечіткого прибутку, який буде отримано за такого обсягу замовлення.

Отже, функція прибутку від *Q*, зважаючи на функцію належності $\tilde{x}_k^*$, має вигляд:

$$\tilde{\tilde{P}}(Q) = \left((p+h)\tilde{x}_{k,OS}^* - (c+h)Q\right) \cup \left((p-c+s)Q - s\tilde{x}_{k,US}^*\right), \quad (6)$$

де $\tilde{x}_{k,OS}^*$ – нечітка множина $[a_i^*, Q]$ з функцією належності $\tilde{x}_k^*$ (цей випадок відповідає надлишку запасу, англ. over-stock), $\tilde{x}_{k,US}^*$ – нечітка множина $[Q, d_i^*]$ з функцією належності $\tilde{x}_k^*$ (цей випадок відповідає недостачі, англ. under-stock).

Таким чином, побудована функція прибутку ставить у відповідність кожному дійсному числу *Q* нечітку множину з функцією належності за правилом (6). Зазначимо, що в даній роботі використовується в якості *t*-конорми функція $S(a,b) = \max\{a,b\}$.

Для дефаззифікації нечіткої множини $\tilde{\tilde{P}}(Q)$ для довільного *Q* оберемо метод «середнього максимуму», зважаючи на його відносну простоту. Зазначимо, що кращий, але складніший, метод «інтегрування градуйованого середнього», використаний для пошуку оптимального $\tilde{x}_k^*$, на даному етапі призводить до складних викладок і великої кількості різноманітних випадків. Тому цей та інші методи дефаззифікації можуть бути розглянуті в подальшій роботі над даною темою, зокрема, перспективним напрямком є побудова комп'ютерної програми для дефаззифікації різними методами $\tilde{\tilde{P}}(Q)$ в залежності від *Q*.

Отже, для побудови функції *H(Q)* розглянемо такі випадки.

1. Нехай $a_k^* \le Q \le b_k^*$; функція належності $\tilde{\tilde{P}}(Q)$ зображена на рис. 1 і рис. 1а, в залежності від положення точки $(p+h)a_k^* - (c+h)Q$, суцільною лінією.

У цьому випадку, як видно з рис. 1 і рис. 1а, дефаззифіковане значення *H(Q)* за методом «середнього максимуму» буде складати:

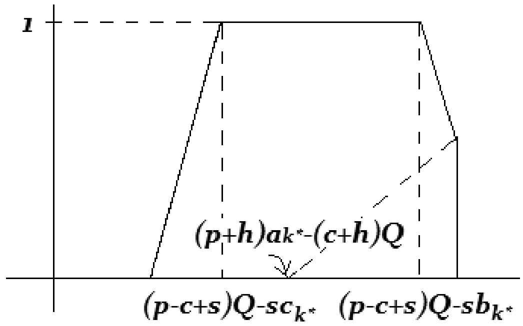

Рисунок 1. Функція належності $\tilde{\tilde{P}}(Q)$ за умови, що $Q < \dfrac{(p+h)a_k^* + sd_k^*}{p+s+h}$

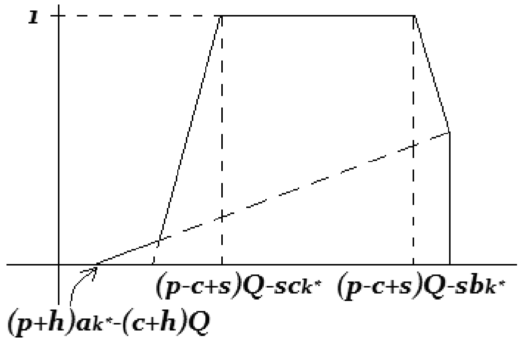

Рисунок 1а. Функція належності $\tilde{\tilde{P}}(Q)$ за умови, що $Q > \dfrac{(p+h)a_k^* + sd_k^*}{p+s+h}$

$$H(Q) = \frac{1}{2}\Big((p-c+s)Q - sc_k^* + (p-c+s)Q - sb_k^*\Big) = \\ = (p-c+s)Q - \frac{s}{2}(c_k^* + b_k^*).$$

2. Нехай $b_k^* < Q \le \dfrac{(p+h)b_k^* + sc_k^*}{p+s+h}$; функція належності $\tilde{\tilde{P}}(Q)$ зображена на рис. 2.

Як видно з рис. 2, у цьому випадку отримаємо:

$$H(Q) = \frac{1}{2}\Big((p-c+s)Q - sc_k^* + (p-c)Q\Big) = (p-c+\frac{s}{2})Q - \frac{sc_k^*}{2}.$$

3. Нехай $\dfrac{(p+h)b_k^* + sc_k^*}{p+s+h} < Q \le c_k^*$. Цей випадок аналогічний до випадку 2, тільки мінімальною точкою максимуму функції належності є точка $(p+h)b_k^* - (c+h)Q$. Тоді дефаззифіковане значення

$$H(Q) = \frac{1}{2}\Big((p+h)b_k^* - (c+h)Q + (p-c)Q\Big) = \\ = \frac{(p-2c-h)Q}{2} + \frac{(p+h)b_k^*}{2}$$

4. Якщо $c_k^* < Q \le d_k^*$, то маємо випадок, аналогічний випадку 1. Мінімальною та максимальною точками максимуму функції належності будуть, відповідно, точки $(p+h)b_k^* - (c+h)Q$ і $(p+h)c_k^* - (c+h)Q$. Тоді

$$H(Q) = \frac{1}{2}\Big((p+h)b_k^* - (c+h)Q + (p+h)c_k^* - (c+h)Q\Big) = \\ = -(c+h)Q + \frac{(p+h)(b_k^* + c_k^*)}{2}.$$

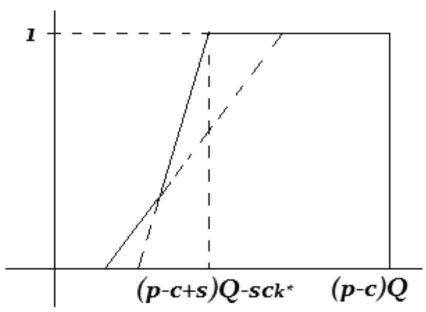

Рисунок 2. Вигляд функції належності $\tilde{\tilde{P}}(Q)$, що відповідає випадку 2

Закон розподілу нечіткого випадкового попиту

i	1	2	3	4	5
$\tilde{x}_i$	(100,110,130,160)	(110,140,180,220)	(160,190,200,230)	(190,210,230,250)	(230,250,270,300)
p_i	3/20	5/20	7/20	3/20	2/20

Відповідно до побудови функції *H(Q)* за описаним вище алгоритмом можна зробити такі висновки щодо її властивостей: а) функція *H(Q)* є неперервною, кусково–лінійною; б) на $[a_k^*, b_k^*]$ функція зростає, оскільки кутовий коефіцієнт $p - c + s > 0$; в) на $\left(b_k^*, \frac{(p+h)b_k^* + sc_k^*}{p+s+h}\right]$ функція зростає, оскільки кутовий коефіцієнт $p - c + \frac{s}{2} > 0$; г) на $\left(\frac{(p+h)b_k^* + sc_k^*}{p+s+h}, c_k^*\right]$ функція зростає у випадку, коли $p - 2c - h > 0$ і спадає, якщо $p - 2c - h < 0$; д) на $(c_k^*, d_k^*]$ функція спадає, оскільки $-(c+h) < 0$.

З наведених властивостей випливає, що функція *H(Q)* досягає максимального значення в точці $Q^* = \frac{(p+h)b_k^* + sc_k^*}{p+s+h}$, якщо $p - 2c - h < 0$, або в точці $Q^* = c_k^*$, якщо $p - 2c - h > 0$. У випадку ж, коли $p - 2c - h = 0$, за Q^* можна прийняти будь–яке число з відрізка $\left[\frac{(p+h)b_k^* + sc_k^*}{p+s+h}, c_k^*\right]$, адже в такому разі на цьому відрізку *H(Q)* є сталою. Отже, алгоритм пошуку оптимального з точки зору максимізації прибутку значення обсягу запасу Q^*, що має бути створений на початку періоду, побудовано. Продемонструємо на числовому прикладі застосування описаного алгоритму.

Нехай закупівельна вартість одиниці товару c = 60 умовних грошових одиниць, відпускна ціна p = 100, питомі витрати, пов'язані зі зберіганням та дефіцитністю, складають відповідно h = 20, s = 80. Для прогнозування попиту в наступному періоді було опитано 20 експертів, нечіткі дані про думку яких щодо цього представлено в таблиці.

Відповідно до описаного вище алгоритму знайдемо нечітке значення обсягу замовлення $\tilde{x}_k^*$, яке максимізує очікуваний прибуток. Отже, за формулою (5) маємо:

$\frac{(p-c+s)}{(p+h+s)} = 0{,}6$. Оскільки $\sum_{i=1}^{3} p_i = 0{,}75$, а $\sum_{i=1}^{2} p_i = 0{,}4$, то оптимальне нечітке значення $\tilde{x}_3^*$ = (160,190,200,230).

Знайдемо оптимальне дійсне значення обсягу партії товару, що належить відрізку [160, 230]. Оскільки $p - 2c - h < 0$, то $Q^* = \frac{(p+h)b_3^* + sc_3^*}{p+s+h} = 194$, що є шуканим обсягом запасу, який слід зробити на початку періоду з метою отримання максимального очікуваного прибутку.

Висновки

У роботі побудовано алгоритм пошуку оптимального обсягу замовлення, яке слід зробити на початку періоду у випадку, коли прогнозований попит у цьому періоді є нечіткою дискретною випадковою величиною.

Напрямом подальших досліджень може стати вивчення випадків, коли попит є нечіткою неперервною випадковою величиною, тобто, наприклад, інформація про форму закону розподілу прогнозованого попиту є наявною, але припущення щодо його параметрів – лінгвістичні. Також окремий інтерес представляють випадки, коли нечіткі значення можливого дискретного попиту мають узагальнену трапецієвидну форму.

Список використаних джерел

1. Gallego G. The distribution free newsboy problem: review and extensions. [Text] /G. Gallego, I. Moon// Journal of Operational Research Society. – 1993. – v. 44. – P. 825–834.
2. Moon I. Distribution free procedures for make–to–order (MTO), make–in–advance (MIA), and composite policies. [Text] / I. Moon, S. Choi // International Journal of Production Economics. – 1997. – v. 48(1). – P. 21–28.
3. Vairaktarakis G.L. Robust multi–item newsboy models with a budget constraint. [Text] / G.L. Vairaktarakis // International Journal of Production Economics. – 2000. – v. 66(3). – P. 213–226.
4. Khouja M. The single–period (news–vendor) problem: literature review and suggestions for future research. [Text]/ M. Khouja // Omega: The International Journal of Management Science. – 1999. – v. 27. – P. 537–553.
5. Petrovic D. Fuzzy models for the newsboy problem. [Text]/ D. Petrovi?, R. Petrovi?, M. Vujo?evi? // International Journal of Production Economics. – 1996. – v. 45. – P. 435–441.
6. Kao C. A single–period inventory model with fuzzy demand. [Text]/ C. Kao, W. Hsu// Computers & Mathematics with Applications. – 2002. – v. 43. – P. 841–848.
7. Qin Z. Single–period inventory problem under uncertain environment. [Електрон. ресурс] / Z. Qin, S. Kar. Режим доступу: http://orsc.edu.cn/online/ 090310.pdf.
8. Shao Z. Fuzzy multi–product constrained newsboy problem. [Text] / Z. Shao, X. Ji // Applied Mathematics and Computation. – 2006. – v. 180. – P. 7–15.
9. Dey O. A single period inventory model with a truncated normally distributed fuzzy random variable demand. [Text]/ O. Dey, D. Chakraborty // International Journal of Systems Science. – 2012. – v. 43. – P. 518–525.
10. Nagare, M. On solving single–period inventory model under hybrid uncertainty [Text] / M. Nagare, P. Dutta // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2012. – v. 64. – P. 933–938.
11. Lv Y.Q. Fuzzy hierarchical clustering applied for quality estimation in manufacturing system. [Text] / Y.Q. Lv, C.K.M. Lee // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2012. – v. 64. – P. 1165–1168.