

NATAMAM İNFORMASIYA ŞƏRAİTİNDƏ FİRMALARIN ETİBARLILIĞININ MÜƏYYƏN EDİLMƏSİNİN QƏRAR QƏBULETMƏ MODELİ

Kifayət Məmmədova, Aygün Hüseynova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan
e-mail: ka.mamedova@yandex.com, hasanova_a@inbox.ru

Xülasə. Məqalədə Bayes nəzəriyyəsinə istinad edərək idarəetmədə natamam informasiya şəraitində firmaların etibarlılığının müəyyən edilməsinin qərar qəbuletmə modeli qurulmuş və simulyasiya edilmişdir.

Açar sözlər: Bayes üsulu, qeyri-müəyyən, qərar qəbuletmə, interval hesabı, etibarlıq, ehtimal.

DECISION MAKING MODEL FOR THE DEFINING OF THE COMPETITIVENESS OF COMPANIES UNDER UNCERTAINTY

Kifayat Mammadova, Aygun Huseynova
*Azerbaijan State Oil and Industry University,
Baku, Azerbaijan*

Abstract. In the paper, a decision-making model was developed and simulated to determine the reliability of firms in incomplete information management using the Bayes theory.

Keywords: Bayes method, uncertain decision-making, interval calculation, reliability, probability.

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНКУРЕНТО- СПОСОБНОСТИ КОМПАНИЙ ПРИ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Кифаят Мамедова, Айгюнь Гусейнова
*Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности, Баку, Азербайджан*

Резюме. В этой статье была разработана и смоделирована модель принятия решений для определения надежности фирм в условиях неполной информации используя теории Байеса.

Ключевые слова: байесовский метод, неопределенное принятие решений, интервальный расчет, надежность, вероятность.

1. Giriş

Qeyri-müəyyən şəraitdə qərar qəbuletmə zamanı mühitin vəziyyəti birqiymətli olmur. Qərar qəbul edən şəxsin hər bir müxtəlif vəziyyət haqqında bilik və məlumatı olmasına baxmayaraq, mühitin vəziyyətlərinə dəqiq və ya müəyyən ehtimalları təyin etmək haqqında kifayət qədər biliyi olmur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, qərar qəbuletmə məsələlərində mühitdə olan ilkin informasiyadakı qeyri-müəyyənlik müxtəlif tiplərdə olur.

Qərar vermənin böyük bir hissəsinin qiymətləndirilməsi seçilən meyarlarla təyin edilən məhdud alternativlərin analizi ilə həyata keçirilir. Bundan sonrakı qərar qəbul edən şəxs tərəfindən alternativlərin nə qədər cəzbedici olmalarına görə sinfləndirilməsidir. Başqa bir iş isə ən yaxşı alternativ tapmaq və yaxud hansı alternativin digərlərinə görə daha üstün olduğunu təyin etməkdir. Bu proseslərdə hər bir variant eyni anda qiymətləndirilir.

Bir çox insanlar qərar qəbuletmə prosesində sistemə addımlar atmadan vərdiş və ya ənənələrinə əsasən seçim edirlər. Qərarlar variantların və nəticələrin ehtiyatla nəzərdən

keçirilməsinə müdaxilə edən ictimai təzyiq və ya vaxt məhdudiyyətləri altında da qəbul edilə bilər. Qərarlar qərar qəbul edən şəxsin emosionallığına məruz qala bilər. İnsanların adekvat məlumat və ya bacarıqları yoxdursa, onda onlar optimal qərarlar ala bilməzlər. Hətta onların biliyi və zamanları kifayət qədər də olsa, nəticələrin ehtimallarının başa düşülməsi mövzusunda hətta pis iş ortaya çıxara bilərlər. Onlar statistikanı bilsələr də, ehtimallar haqqındakı bilikdən çox öz şəxsi təcrübələrinə inanırlar. Qərar qəbuletmənin əsas məqsədi isə ehtimal haqqındakı məlumatı arzu və maraqları haqqındakı məlumatla birləşdirməkdir.

2. Məsələnin qoyuluşu

Fişer, Neuman, Pearson və bir çox alimlərin statistik tezlikli nəticə çıxarma haqqında olan ənənəvi elmi çalışmaları üstünlük təşkil etməsinə baxmayaraq, hazırda dövrümüzün son onilliklərində Bayes üsulu son dərəcə sürətli inkişaf etməyə başlamışdı. Buna səbəb, Bayes üsulunun geniş tətbiq edilməsi üçün kifayət qədər üstünlüklərə malik olmasıdır.

Bayes üsulunun digər statistik üsullardan fərqi ondan ibarətdir ki, məlumatlar alındığı vaxtdan etibarən, qərar qəbul edən şəxs və ya statist, modellərə öz inamını ehtimallar şəklində təqdim edir. Məlumatların alındığı andan etibarən, Bayes teoremi yeni informasiyaları nəzərə almaqla, mümkün modellərin etibarlılığı kimi bir çox ehtimalın hesablanmasına imkan yaradır.

Statistik məlumatlar çox vaxt real məsələlərin təhlil riskini artırır və yaxud qərarların qəbul edilməsində mövcud olurlar. Bu da, bir çox ənənəvi üsulların istifadəsinin məqsəddənkənar olmasına səbəb olur. Mövcud informasiya yalnız ekspert qiymətləndirməsi və ekspert rəyləri şəklində olan subyektiv qiymətləndirmədən ibarət ola bilər. Bundan əlavə, qərar qəbul edilən mühit çox yeni və hələ təhlil edilməmiş ola bilər. Bu xüsusiyyətlər qərarların qəbul edilməsi prosesini çətinləşdirir və bəzi nəticələri şübhə altında qoya bilər. Belə vəziyyətlərdə Bayes üsulunun çox faydalı və təsirli olduğu bir daha sübut edilir.

Statistikada Bayes üsulunun təməlini Bayes teoremi təşkil edir. Fərz edək ki, biz hər hansı bir təsadüfi həcmi (Y) müşahidə edirik, onun sıxlıq ehtimalı θ parametrləri ilə birlikdə – $P(\theta|y)$, lakin biz $\pi(\theta)$ ehtimal paylanması olan digər təsadüfi həcm (θ) haqqında nəticə çıxarmaq istəyirik. Müşahidələr nəticəsində y – statistik məlumatları əldə etmək olar. Bir tərəfdən, şərti ehtimal anlayışına əsasən,

$$\Pr(\theta|y) = \frac{\Pr(y, \theta)}{\Pr(y)}.$$

Digər tərəfdən isə, yenə də şərti ehtimal anlayışına əsasən, eyni şəkildə,

$$\Pr(y, \theta) = \Pr(\theta|y) \cdot \Pr(y).$$

İkinci bərabərliyi birinci ilə əvəz edərkən, biz məşhur Bayes formulunu əldə etmiş oluruq:

$$\Pr(\theta|y) = \frac{\Pr(y|\theta)}{\Pr(y)}.$$

$$\Pr(\theta|y) = \frac{\Pr(y|\theta) \cdot \Pr(\theta)}{\Pr(y)} \quad (1)$$

Əgər, m - mümkün dəyişənlər çoxluğu $(\theta_1, \dots, \theta_m)$ mövcuddursa, o zaman,

$$Pr(\theta|y) = \frac{Pr(y|\theta) \cdot Pr(\theta)}{Pr(y)} = \frac{Pr(y|\theta) \cdot Pr(\theta)}{\sum_{i=1}^m Pr(y_1|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} \quad (2)$$

$Pr(\theta)$ paylanması mümkün dəyərlər ehtimalının aprior paylanması (θ) adlanır (bu paylanma statistik məlumatlardan öncə qəbul edilir). $Pr(\theta|y)$ paylanması θ dəyərlərində **aposterior** paylanma adlandırılır, bu şərtlə ki, y məlumatları müşahidə olunsun (bu paylanma statistik məlumatlar alındıqdan sonra hesablanır). Bununla belə, θ_j dəyişənləri fərziyyələr, y - faktları isə dəstəkləyici fərziyyələr adlanırlar.

3. Firmaların etibarlılığının müəyyən edilməsində qərar qəbuletmə

Fərz edək ki, hər hansı bir firmanın etibarlılığını yoxlamaq lazımdır. Bütün firmaları etibarlıq dərəcəsinə görə 3 əsas qrupa bölə bilərik. Birinci qrup – orta dərəcəli etibarlıq, ikinci qrup – yüksək dərəcəli etibarlıq, üçüncü qrup – aşağı dərəcəli etibarlıqdır. Beləliklə, konkret bir firmanın təhlilində 3 fərziyyə əldə etmiş oluruq: θ_i - şirkət i – qrupuna aiddir, $i = 1, 2, 3$. Bununla yanaşı, analoji fəaliyyətlərlə məşğul olan təşkilatların statistik məlumatlarına əsasən məlumdur ki, firmaların 30-40% -i orta dərəcəli etibarlılığa, 40-50%-i yüksək dərəcəli etibarlılığa, 10-30%-i isə aşağı dərəcəli etibarlığa sahibdirlər. Bu məlumatlara əsaslanaraq, aprior ehtimal fərziyyəsini müəyyən etmək olar:

$$Pr(\theta_1) = [0.3, 0.4], Pr(\theta_2) = [0.4, 0.5], Pr(\theta_3) = [0.1, 0.3].$$

Firmanın etibarlılığının əsas əlamətləri (faktlarla) firmanın (y_1) gəlirinin olması və büdcənin (y_2) vaxtında hesablanmasıdır. Real məsələlərdə belə əlamətlər adətən daha çox olur. Lakin biz Bayes üsulunun göstərilməsi üçün bunların sadəcə ikisini göstərəcəyik. Analoji firmaların təhlillərindən məlumdur ki, gəlirə 40-70% -orta dərəcəli etibarlığa malik firmalar, 70-80% -yüksək dərəcəli etibarlığa malik firmalar, 10-40% - aşağı dərəcəli etibarlığa malik firmalar sahibdirlər. Belə yazmaq mümkündür ki, şərti ehtimallar:

$$Pr(y_1|\theta_1) = [0.4, 0.7], Pr(y_1|\theta_2) = [0.7, 0.8] \text{ və } Pr(y_1|\theta_3) = [0.1, 0.4].$$

Həm də, məlumdur ki, büdcəyə ödənişi 30-60% - orta dərəcəli etibarlılığa malik firmalar, 60-90% - yüksək dərəcəli etibarlığa malik firmalar, 20-30% - aşağı dərəcəli etibarlığa malik firmalar yerinə yetirirlər. Buna əsasən şərti ehtimalları

$$Pr(y_2|\theta_1) = [0.3, 0.6], Pr(y_2|\theta_2) = [0.2, 0.3] \text{ və } Pr(y_2|\theta_3) = [0.6, 0.9]$$

kimi yazmaq mümkündür. Bütün istinad edilən məlumatlar aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir (cədvəl 1).

Cədvəl 1. Aprior və şərti ehtimallar

i	1	2	3
$Pr(\theta_i)$	[0.3, 0.4]	[0.4, 0.5]	[0.1, 0.3]
$Pr(y_1 \theta_i)$	[0.4, 0.7]	[0.7, 0.8]	[0.1, 0.4]
$Pr(y_2 \theta_i)$	[0.3, 0.6]	[0.6, 0.9]	[0.2, 0.3]

Qeyd etmək lazımdır ki, əks faktların şərti ehtimalları ($Pr(y^c|\theta_i)$) aşkar vəziyyətdən müəyyən edilir.

$$Pr(y^c|\theta_i) = 1 - Pr(y|\theta_i).$$

Belə ki, bir firma mənfəət gətirmirsə, onda

$$Pr(y_1^c|\theta_1) = [0.3, 0.6]; Pr(y_1^c|\theta_2) = [0.2, 0.3]; Pr(y_1^c|\theta_3) = [0.6, 0.9].$$

Faktların toplanması prosesində əgər faktlar sistem tərəfindən dəstəklənsə fərziyyələr artacaq, əgər faktlar onları təkzib edirsə, onda fərziyyələr azalacaqdır.

Fərz edək ki, bizim sadəcə bir faktımız (y_1) - vardır ki, o da konkret firmamızın vahid ehtimalı gəlirə malik olmasıdır. y_1 faktını–müşahidə edərək, biz Bayes formuluna əsasən, bir fakta görə aposterior ehtimalı fərziyyəni hesablayırıq:

$$Pr(\theta_1|y_1) = \frac{Pr(y_1|\theta_1) Pr(\theta_1)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_1|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.3, 0.4] \times [0.4, 0.7]}{[0.41, 0.80]} = [0.15, 0.6]$$

$$Pr(\theta_2|y_1) = \frac{Pr(y_1|\theta_2) Pr(\theta_2)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_1|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.4, 0.5] \times [0.7, 0.8]}{[0.41, 0.80]} = [0.35, 0.9]$$

$$Pr(\theta_3|y_1) = \frac{Pr(y_1|\theta_3) Pr(\theta_3)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_1|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.1, 0.3] \times [0.1, 0.4]}{[0.41, 0.80]} = [0.01, 0.2]$$

$$Pr(y_1^c|\theta_1) = \frac{Pr(y_2|\theta_1) Pr(\theta_1)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_2|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.3, 0.4] \times [0.3, 0.6]}{[0.23, 0.66]} = [0.1, 0.9]$$

$$Pr(y_1^c|\theta_2) = \frac{Pr(y_2|\theta_2) Pr(\theta_2)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_2|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.4, 0.5] \times [0.2, 0.3]}{[0.23, 0.66]} = [0.1, 0.6]$$

$$Pr(y_1^c|\theta_3) = \frac{Pr(y_2|\theta_3) Pr(\theta_3)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_2|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.1, 0.3] \times [0.6, 0.9]}{[0.23, 0.66]} = [0.09, 0.7]$$

Hesablamaların nəticələrindən görünür ki, y_1 baş verdikdən sonra (məlum oldu ki, firma gəlirə sahibdir), θ_1 və θ_3 fərziyyələrinə etibarlılıq azaldı, eyni zamanda θ_2 fərziyyəsinin etibarlılığı artdı. Beləliklə, fərziyyənin aprior ehtimalını modifikasiya etməklə aposterior ehtimalını əldə etmiş olduq. Yeni faktlar əsasında modifikasiyanı davam etsək və ya hesablamaları yenidən aparsaq, yuxarıda əldə etmiş olduğumuz aposterior ehtimal fərziyyələri aprior fərziyyələrə çevriləcəkdirlər. Məsələn, fərz edək ki, təhlil olunan firma büdcəyə ödəniş edir, yəni y_2 müşahidə olunur. O zaman, aposterior ehtimallar eyni formullara əsasən, bir ehtimalın $Pr(\theta_i)$ digəri $Pr(\theta_i|y_i)$ ilə əvəz olunması, bundan öncəki mərhələdə hesablanan y_1 faktlarının y_2 faktları ilə əvəz olunması ilə hesablanır.

Hesablamalar nəticəsində, bunu əldə etmiş oluruq:

$$Pr(\theta_1|y_2) = \frac{Pr(\theta_1) \cdot Pr(y_2|\theta_2)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_2|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.3, 0.4] \times [0.3, 0.6]}{[0.41, 0.75]} = [0.2, 0.3];$$

$$Pr(\theta_2|y_2) = \frac{Pr(\theta_3) \cdot Pr(y_2|\theta_2)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_2|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.4, 0.5] \times [0.6, 0.9]}{[0.41, 0.75]} = [0.5, 0.6];$$

$$\Pr(\theta_3|y_2) = \frac{\Pr(\theta_3) \cdot \Pr(y_2|\theta_3)}{\sum_{i=1}^3 \Pr(y_2|\theta_i) \cdot \Pr(\theta_i)} = \frac{[0.1, 0.3] \times [0.2, 0.3]}{[0.41, 0.75]} = [0.1, 0.5]$$

Hesablamaları blok sxem şəklində təsvir edək (şəkil 1).

(1) bloku daxil etmə blokuudur. Bu blokda firmaların etibarlığının aprior ehtimalları və şərti ehtimallar daxil edilir:

$$\Pr(\theta_1) = [0.3, 0.4],$$

$$\Pr(\theta_2) = [0.4, 0.5],$$

$$\Pr(\theta_3) = [0.1, 0.3].$$

(2) bloku əməliyyat blokuudur. Bu blokda əks dəlillərin şərti ehtimalları $\Pr(y^c | \theta_1)$ aşkar vəziyyətdən hesablanır.

$$\Pr(y^c | \theta_1) = 1 - \Pr(y|\theta_1)$$

Blok (3) də hesablama blokuudur. Bu blokda hər 3 qrupa aid firmanın əvvəlcə “gəlir var” $\Pr(y_1)$ sonra isə “gəlir yoxdur” $\Pr(y_1^c)$ hadisələrinin tam şərti ehtimalları hesablanır.

$\Pr(y_1)$ hesablanması zamanı hər firma qruplarının aprior ehtimalını gəlirin şərti ehtimalına vururuq və hamısını toplayırıq. Nəticə bizə “gəlir var” hadisəsinin tam şərti ehtimalını verəcək.

$\Pr(y_1^c)$ hesablanması zamanı hər firma qruplarının aprior ehtimalını əks gəlirin şərti ehtimalına vururuq və hamısını toplayırıq. Nəticə bizə “gəlir yoxdur” hadisəsinin tam şərti ehtimalını verəcək:

$$\Pr(y_1) = \Pr(\theta_1) \times \Pr(y_1|\theta_1) + \Pr(\theta_2) \times \Pr(y_1|\theta_2) + \Pr(\theta_3) \times \Pr(y_1|\theta_3) = [0.3, 0.4] \times [0.4, 0.7] + [0.4, 0.5] \times [0.7, 0.8] + [0.1, 0.3] \times [0.1, 0.4] = [0.41, 0.80]$$

$$\Pr(y_1^c) = \Pr(\theta_1) \times \Pr(y_1^c|\theta_1) + \Pr(\theta_2) \times \Pr(y_1^c|\theta_2) + \Pr(\theta_3) \times \Pr(y_1^c|\theta_3) = [0.3, 0.4] \times [0.4, 0.7] + [0.4, 0.5] \times [0.7, 0.8] + [0.1, 0.3] \times [0.1, 0.4] = [0.23, 0.66]$$

Blok (4) sonuncu əməliyyat blokuudur. Bayes teoremi bu blokda tətbiq olunur.

$$\Pr(\theta_i|y_2) = \Pr(\theta_i) \times \frac{\Pr(y_2|\theta_i)}{\Pr(y_2)}$$

Bayes teoreminin düsturuna əsasən “gəlir var” və “gəlir yoxdur” hadisələr kombinasiyası üçün şərti aprior ehtimalları hesablayaq:

$$\Pr(a_1|y_1) = [0.3, 0.4] \times [0.4, 0.7] / [0.41, 0.80] = [0.15, 0.6]$$

$$\Pr(a_2|y_1) = [0.4, 0.5] \times [0.7, 0.8] / [0.41, 0.80] = [0.35, 0.9]$$

$$\Pr(a_3|y_1) = [0.1, 0.3] \times [0.1, 0.4] / [0.41, 0.80] = [0.01, 0.2]$$

$$\Pr(\theta_1|y_1^c) = [0.3, 0.4] \times [0.3, 0.6] / [0.23, 0.66] = [0.1, 0.9]$$

$$\Pr(\theta_2|y_1^c) = [0.4, 0.5] \times [0.2, 0.3] / [0.23, 0.66] = [0.1, 0.6]$$

$$\Pr(\theta_3|y_1^c) = [0.1, 0.3] \times [0.6, 0.9] / [0.23, 0.66] = [0.09, 0.7]$$

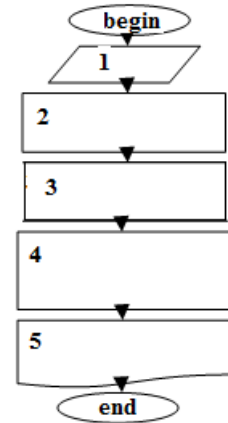
Blok (5) alqoritmin tamamlanması üçün qiymətləri çapa verir. “Gəlir var” hadisələrinin aposterior şərti ehtimalları:

$$\Pr(\theta_1|y_1^c) = [0.15, 0.6]$$

$$\Pr(\theta_2|y_1^c) = [0.35, 0.9]$$

$$\Pr(\theta_3|y_1^c) = [0.01, 0.2]$$

“Gəlir yoxdur” hadisələrinin aprior şərti ehtimalları isə:



Şəkil 1. Gəlir-əks gəlir blok sxemi

$$P(\theta_1|y_1^c) = [0.1, 0.9]$$

$$P(\theta_2|y_1^c) = [0.1, 0.6]$$

$$P(\theta_3|y_1^c) = [0.09, 0.7].$$

Büdcə hesablamalarını aşağıdakı şəkildə verək.

Blok (1) daxiletmə blokuudur. Bu blokda firmaların etibarlığının aprior ehtimallarını və şərti ehtimalları daxil edilir.

$$Pr(\theta_1) = [0.3, 0.4],$$

$$Pr(\theta_2) = [0.4, 0.5],$$

$$Pr(\theta_3) = [0.1, 0.3].$$

Məlumdur ki, büdcəyə ödənişi 30-60% - orta dərəcəli etibarlığa malik firmalar, 60-90% - yüksək dərəcəli etibarlığa malik firmalar, 20-30% - aşağı dərəcəli etibarlığa malik firmalar yerinə yetirirlər.

Buna əsasən şərti ehtimalları aşağıdakı kimi yazmaq mümkündür:

$$Pr(y_2|\theta_1) = [0.3, 0.6],$$

$$Pr(y_2|\theta_2) = [0.6, 0.9],$$

$$Pr(y_2|\theta_3) = [0.2, 0.3],$$

Blok (2) hesablama blokuudur. Bu blokda hər 3 qrupa aid firmanın büdcələrinin tam şərti ehtimalları hesablanır.

$P(y_2)$ hesablanması zamanı hər firma qruplarının aprior ehtimalını büdcənin şərti ehtimalına vururuq və hamısını toplayırıq. Nəticə bizə büdcə hadisəsinin tam şərti ehtimalını verəcək:

$$\begin{aligned} P(y_2) &= P(\theta_1) \times Pr(y_2|\theta_1) + P(\theta_2) \times Pr(y_2|\theta_2) + \\ &+ P(\theta_3) \times Pr(y_2|\theta_3) = [0.3, 0.4] \times [0.3, 0.6] + [0.4, 0.5] \times [0.6, 0.9] + [0.1, 0.3] \times [0.2, 0.3] = \\ &= [0.35, 0.78]. \end{aligned}$$

Blok (3) sonuncu əməliyyat blokuudur. Bayes teoremi bu blokda tətbiq olunur.

$$P(\theta_i|y_2) = \frac{Pr(\theta_i) \times P(y_2|\theta_i)}{P(y_2)}$$

Bayes teoreminin düsturuna əsasən büdcə hadisələr kombinasiyası üçün şərti aposterior ehtimallarını hesablayaq:

$$Pr(\theta_1|y_2) = \frac{Pr(\theta_1) \times P(y_2|\theta_1)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_2|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.3, 0.4] \times [0.3, 0.6]}{[0.41, 0.75]} = [0.2, 0.3];$$

$$Pr(\theta_2|y_2) = \frac{Pr(\theta_2) \times P(y_2|\theta_2)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_2|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.4, 0.5] \times [0.6, 0.9]}{[0.41, 0.75]} = [0.5, 0.6];$$

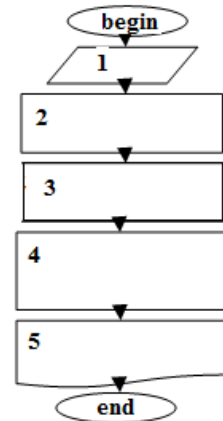
$$Pr(\theta_3|y_2) = \frac{Pr(\theta_3) \times P(y_2|\theta_3)}{\sum_{i=1}^3 Pr(y_2|\theta_i) \cdot Pr(\theta_i)} = \frac{[0.1, 0.3] \times [0.2, 0.3]}{[0.41, 0.75]} = [0.1, 0.5];$$

Blok (5) alqoritmin tamamlanması üçün qiymətləri çapa verir. Büdcə hadisələrinin aposterior şərti ehtimalları aşağıdakı kimi olacaq:

$$Pr(\theta_1|y_2) = [0.2, 0.3];$$

$$Pr(\theta_2|y_2) = [0.5, 0.6];$$

$$Pr(\theta_3|y_2) = [0.1, 0.5];$$



Şəkil 2. Büdcə hesablamalarının blok sxemi

4. Kompüter simulyasiyası

Firmaların etibarlılıq dərəcəsinin müəyyən edilməsi məsələsinin komputer simulyasiyasını Excel programında reallaşdırmaq (Şəkil 3, Şəkil 4)

3				gəlir	gəlir yoxdur
4		aprior eh.	gəlir	gəlir yoxdur	aposterior eh. aposterior eh.
5		$p(\theta_i)$	$p(y1/\theta_i)$	$Pr(y^c_i \theta_i)$	$p(\theta_i y_1)$ $Pr(\theta_i y^c_i)$
6	1-ci qrup firmalar	[0.3, 0.4]	[0.4, 0.7]	[0.3, 0.6]	[0.15, 0.6] [0.1, 0.9]
7	2-ci qrup firmalar	[0.4, 0.5]	[0.7, 0.8]	[0.2, 0.3]	[0.35, 0.9] [0.1, 0.6]
8	3-cü qrup firmalar	[0.1, 0.3]	[0.1, 0.4]	[0.6, 0.9]	[0.01, 0.2] [0.09, 0.7]
9					
10					
11	Bayes teoremi=	$Pr(\theta_i y) = (Pr(\theta_i) \times P(y_1 \theta_i)) / (P(y))$			
12					
13					
14	$P(a1/y1)=$	$[0.3, 0.4] \times [0.4, 0.7] / [0.41, 0.80] = [0.15, 0.6]$			
15					
16	$P(a2/y1)=$	$[0.4, 0.5] \times [0.7, 0.8] / [0.41, 0.80] = [0.35, 0.9]$			
17					
18	$P(a3/y1)=$	$[0.1, 0.3] \times [0.1, 0.4] / [0.41, 0.80] = [0.01, 0.2]$			
19					
20	$Pr(\theta_1 y^c_i)$	$[0.3, 0.4] \times [0.3, 0.6] / [0.23, 0.66] = [0.1, 0.9]$			
21					
22	$Pr(\theta_2 y^c_i)$	$[0.4, 0.5] \times [0.2, 0.3] / [0.23, 0.66] = [0.1, 0.6]$			
23					
24	$Pr(\theta_3 y^c_i)$	$[0.1, 0.3] \times [0.6, 0.9] / [0.23, 0.66] = [0.09, 0.7]$			
25					
26					

Şəkil 3. Firmaların aprior və aposterior ehtimalları

	$p(\theta_i)$	$p(y1/\theta_i)$	$p(\theta_i) \times p(y1/\theta_i)$
1-ci qrup firmalar	[0.3, 0.4]	gəlir [0.4, 0.7] gəlir yoxdu [0.3, 0.6]	[0.12, 0.28] [0.09, 0.24]
2-ci qrup firmalar	[0.4, 0.5]	gəlir [0.7, 0.8] gəlir yoxdu [0.2, 0.3]	[0.28, 0.40] [0.08, 0.15]
3-cu qrup firmalar	[0.1, 0.3]	gəlir [0.1, 0.4] gəlir yoxdu [0.6, 0.9]	[0.01, 0.12] [0.06, 0.27]
		$p'(y1)$ [0.41, 0.80] $p'(y1)$ [0.23, 0.66]	

Şəkil 4. Firmaların gəlir hesablamaları və Bayes teoremi

Nəticə. Firmaların etibarlılıq dərəcəsinin müəyyən edilməsi məsələsinin komputer simulyasiyası nəticəsində firmaların aprior və aposterior ehtimalları hesablanmışdır.

Ədəbiyyat

1. Arsham H., (1993), A Markovian model of consumer buying behavior and optimal advertising pulsing policy, Computers & operations research, 20(1), pp.35-48.
2. Arsham H., (2013), A stochastic model of optimal advertising pulsing policy, 350p.
3. Ben-Haim Y., (2013), Information-gap Decision Theory: Decisions under Severe Uncertainty, San Diego, Academic Press., 232 p.

4. Van Gigch J., (2012), *Metadecisions: Rehabilitating Epistemology*. New York: Kluwer Academic Publishers, 403 p.
5. Wickham P., (1998), *Strategic Entrepreneurship: A Decision-making Approach to New Venture Creation and Management*, London, Pitman, 320 p.
6. Howson C., Urbach P., (2000), *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*. Chicago: Open Court Publishing, 430 p.
7. Gheorghe A., (2000), *Decision Processes in Dynamic Probabilistic Systems*. Kluwer Academic, p.520.
8. Kouvelis P., Yu G., (2008), *Robust Discrete Optimization and its Applications*. Kluwer Academic Publishers, 251 p.
9. Biswas T. (2001), *Decision Making Under Uncertainty*, New York: St. Martin's Press., p.430.
10. Driver M., Brousseau, K., Hunsaker, P., (2010), *The Dynamic Decision maker: Five Decision Styles for Executive and Business Success*, Harper & Row, 323 p.