

Elçin Arif oğlu ABASOV

Qərbi Kaspi Universiteti, İqisadiyyat kafedrası dosent, i.u.f.d
E-mail: abasov_e@mail.ru

Məhəmməd Ramiz oğlu AĞAYEV

Qərbi Kaspi Universiteti, Kompüter mühəndisliyi ixtisasında magistrant
E-mail: mehemmedagayevi01@gmail.com
ORCID ID: 0009-0002-0766-2034

ELEKTRON TİCARƏT ÜZRƏ KOB-LAR ÜÇÜN QIYMƏTLƏRİN OPTİMALLAŞDIRILMASI: RƏQİB MƏLUMATLARI VƏ TƏLƏB ELASTİKLİYİNƏ ƏSASLANAN ALQORİTMİK YANAŞMA

Xülasə

Bu elmi məqalədə elektron ticarət sektorunda fəaliyyət göstərən kiçik və orta biznes subyektləri (KOB-lar) üçün xüsusi olaraq hazırlanmış, qiymətlərin optimallaşdırılmasına yönəlmiş kompleks alqoritmik çərçivə təqdim olunur. Böyük pərakəndə satıcılar geniş məlumat bazalarından və inkişaf etmiş modellərdən yararlandığı halda, KOB-lar adətən “seyrək məlumat” mühiti və məhdud hesablama resursları ilə məhdudlaşırlar. Tədqiqatda bu məhdudiyyətləri aradan qaldırmaq məqsədilə real vaxt rejimində toplanan rəqib kəşfiyyatı ilə daxili tələb elastikliyinin qiymətləndirilməsini birləşdirən hibrid model təklif edilir. Modeldə məlumat çatışmazlığının kompensasiyası üçün Bayes inferensiyasından, elastikliyin hesablanması üçün isə log-log reqressiya modellərindən istifadə olunur. Məqalədə tətbiq üçün zəruri olan texniki arxitektura ətraflı şəkildə izah edilir və veb-skraypinq texnologiyalarının məhdud mühitlərə uyğunlaşdırılmış maşın öyrənməsi metodları, o cümlədən gücləndirici öyrənmə agentləri (Q-Learning) ilə inteqrasiyası göstərilir. Təhlilin nəticələri göstərir ki, marjanın aşınmasının və gizli sövdələşmə (tacit collusion) risklərinin qarşısını alan strateji məhdudiyyətlərlə idarə olunan bu cür alqoritmik müdaxilələr ümumi mənfəət marjasının əhəmiyyətli dərəcədə artırılmasına, ehtiyat dövryyəsinin optimallaşdırılmasına və davamlı rəqabət üstünlüyünün formalaşdırılmasına imkan yaradır. Məqalə rəqəmsal iqtisadiyyatın mürəkkəb şərtlərində KOB-lar üçün praktik yol xəritəsi təqdim etməklə yanaşı, etik və tənzimləyici mühitin tənqidi təhlili ilə yekunlaşır.

Açar sözlər: dinamik qiyməttöymə, elektron ticarət, KOB-lar, tələbin qiymət elastikliyi, maşın öyrənməsi.

UOT: 658.8:519.8:004.738.5

JEL: L81, D40, C61, M31

DOI: <https://doi.org/10.54414/ZLTB6787>

Giriş

Müasir rəqəmsal iqtisadiyyat statik modelləri sürətlə əvəz edən dinamik və real vaxt rejimli qiyməttöymə strategiyaları ilə xarakterizə olunur. Elektron ticarətin eksponensial artım göstərəcəyi proqnozlaşdırılır ki, bu da bazar səmərəliliyində və rəqabət intensivliyində mühüm struktur transformasiyasını ifadə edir [1].

Kiçik və orta biznes subyektləri (KOB-lar) üçün bu rəqəmsal mühit ciddi çağırışlar yaradır: gündə milyonlarla qiymət dəyişikliyi

həyata keçirən mürəkkəb alqoritmik mexanizmlərdən istifadə edən iri korporasiyalarla birbaşa rəqabət aparmaq zərurəti meydana çıxır [2]. “Xərc üzərinə əlavə” (cost-plus) və ya əl ilə “rəqibə uyğunlaşdırma” kimi ənənəvi KOB qiyməttöymə üsulları yüksək tezlikli bu mühitdə prinsip etibarilə qeyri-kafi olub, istehlakçı artığının itirilməsinə və ya davamlı olmayan qiymət müharibələrinə səbəb olur [3]. Bundan əlavə, mürəkkəb dərin öyrənmə modellərinin tətbiqi üçün kifayət qədər

əməliyyat həcminin olmaması ilə xarakterizə olunan “seyrək məlumat” problemi bir çox korporativ qiymətqoyma həllərini KOB-lar üçün praktik olaraq əlçatmaz edir [4].

Bu tədqiqat sözügedən asimmetriyanı aradan qaldırmaq məqsədilə hibrid rəqib–elastiklik modelini təklif edir. Bu riyazi cəhətdən əsaslandırılmış çərçivə məhdud məlumat şəraitində etibarlı nəticələrin əldə edilməsi üçün Bayes inferensiyasından istifadə edir [5] və bunu tələbin qiymət elastikliyinin (PED) qiymətləndirilməsi üçün log-log reqressiya modeli ilə birləşdirir [6]. Daxili tələb göstəricilərinin xarici rəqib kəşfiyyatı ilə sintezi nəticəsində KOB-lar üçün qabaqlayıcı və mənfəəti maksimallaşdıran qiymət qərarlarının avtomatlaşdırılması mümkün olur [5]. Burada təqdim olunan çərçivə məlumatların toplanmasından [7] başlayaraq gizli sövdələşmə (collusion) kimi etik risklərin idarə olunmasına qədər praktik və icraolunan mərhələləri əhatə edir [2].

1. Nəzəri çərçivə: rəqəmsal qiymət-qoymanın iqtisadiyyatı.

Menyu xərclərinin aşınması və dinamik səmərəliliyin yüksəlişi: Elektron ticarət qiymətlərin dəyişdirilməsi ilə bağlı marjinal xərcləri demək olar ki, sıfıra endirir [9]. Bu isə dinamik qiymətqoymanın tətbiqini mümkün edir — yəni qiymətlərin tələb, rəqabət və ehtiyat səviyyələrinə əsaslanaraq real vaxt rejimində tənzimləndiyi strategiyanı dinamik qiymətqoyma firmalara üçüncü dərəcəli qiymət diskriminasiyasına yaxınlaşmağa imkan verir və sabit qiymətlərin yaratdığı səmərəsizlikləri qəbul etmək əvəzinə ümumi mənfəətin (yield management) maksimallaşdırılmasını təmin edir [2].

Əsas qərar dəyişəni kimi tələbin qiymət elastikliyi (PED): Gəlirin optimallaşdırılmasında əsas riyazi determinant tələbin qiymət elastikliyi (price elasticity of demand, PED) olub, tələb olunan miqdarın (Q) qiymətdəki (P) dəyişikliklərə həssaslığını ölçür:

$$\epsilon = \frac{\partial Q}{\partial P} \cdot \frac{P}{Q}$$

Elastik tələb ($|\epsilon| > 1$)

Miqdarın faiz dəyişməsi qiymətin faiz dəyişməsindən böyükdür. Bu halda qiymətin

azaldılması ümumi gəlirin artmasına səbəb olur. Bu hal əvəzedicilərin bol olduğu, məhsulların zəif fərqləndirildiyi yüksək rəqabətli bazarlara (əmtəələr, standart elektronika) xasdır [11].

Qeyri-elastik tələb ($|\epsilon| < 1$)

Tələb qiymət dəyişikliklərinə nisbətən zəif reaksiya verir. Bu halda qiymətin artırılması ümumi gəliri (və adətən mənfəəti) artırır. Bu hal niş məhsullar, lüks mallar və yüksək brend sədaqəti olan məhsullar üçün xarakterikdir.

Vahid elastiklik ($|\epsilon| = 1$)

Lokal qiymət dəyişiklikləri zamanı ümumi gəlir maksimum və sabit qalır. Rəqabət təhlilində çarpaz qiymət elastikliyi rəqibin qiymətindəki dəyişikliklərin P_{comp} tələbə təsirini ölçür və rəqib məhsulun yaxın əvəzədici olub-olmadığını müəyyən etməyə imkan verir [11].

Bazar strukturu: oliqopoliya və strateji qiymətqoymaya keçid: Qiymət müqayisə platformaları ilə gücləndirilmiş elektron ticarətin şəffaf təbiəti bir çox KOB-ları “qiymət qəbul edən” (price taker) mövqeyinə məcbur edir [12]. Lakin hibrid qiymətqoyma strategiyanın tətbiqi KOB-u “strateji qiymət müəyyən edən” (strategic price setter) mövqeyinə doğru irəlilətməyə imkan verir. Bu yanaşma iki əsas komponenti əhatə edir:

1. istehlakçıların uzaqlaşmasının qarşısını almaq üçün rəqib-əsaslı qiymət hədlərinin müəyyən edilməsi

2. bu hədlər daxilində mənfəətin maksimallaşdırılması məqsədilə elastiklik-əsaslı optimallaşdırmanın həyata keçirilməsi [3].

2. Alqoritmik qiymətqoyma üçün metodoloji yanaşmalar. Dinamik qiymətqoymanın tətbiqi sadə qənaət prinsiplərindən adaptiv öyrənmə alqoritmlərinə qədər müxtəlif mürəkkəblilik səviyyələrini əhatə edir.

Qayda-əsaslı alqoritmlər (heuristikalar): Bu sistemlər deterministik “əgər–o zaman” (if–then) məntiqinə əsaslanır (məsələn, “əgər rəqibin qiyməti öz qiymətimizdən aşağıdırsa, 0.01 fərqlə endirim et”). Sadə və şəffaf olsalar da, yalnız reaktivdirlər və marjanın azalmasına səbəb ola biləcək alqoritmik qiymət müharibələrini yarada bilərlər [13].

Maşın öyrənməsi və tələbin qiymətləndirilməsi: Müasir həllər tələb funksiyasını $D(p, X)$ modelləşdirir.

Elastiklik üçün log-log regressiya: Çoxaltmalı tələb modeli logaritmlərə

$$\ln(Q_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_t) + \beta_2 \ln(P_{comp,t}) + \beta_3 \ln(I_t) + \epsilon_t$$

Ağac-əsaslı modellər: XGBoost və Random Forest kimi alqoritmlər qeyri-xətti tələb əlaqələrini effektiv şəkildə modelləşdirir və sadə regressiyaların görə bilmədiyi mürəkkəb xüsusiyyət əhəmiyyətlərini (məsələn, rəqibin qiyməti ilə çatdırılma müddəti arasındakı təsir) üzə çıxarır [7].

Bayes inferensiyası- seyrək məlumat probleminin həlli: KOB-lar üçün tarixi məlumatların məhdudluğu səbəbindən Bayes inferensiyası xüsusilə önəmlidir [4]. Bu metod tələb haqqında “əvvəlcədən bilik”ləri (məsələn, sənaye elastikliyi benchmark-ları) istifadə edir və real vaxt satış məlumatları ilə bu inancları davamlı olaraq yeniləyir (posterior update) [6]. Bu, məhsulun satışa çıxarıldığı andan etibarən qiymət mühərrikinin etibarlı işləməsinə imkan verərək “cold start” problemini həll edir.

Gücləndirici öyrənmə (Reinforcement Learning, RL) və bandit alqoritmləri: RL agentləri bazar şərtlərini (state) müşahidə

çevrildikdə KOB-lar üçün yüksək səviyyədə interpretasiya oluna bilən olur. Regressiya əmsalları (β) birbaşa elastikliyi göstərir və etibarlı, sərfəli statistik nəticələr təmin edir [4]:

edərək, qiyməti müəyyən etmək (action) və mənəfət əldə etmək (reward) prosesində optimal qiymət siyasətini $\pi(s)$ öyrənir [14]. KOB-lar üçün daha sadə Multi-Armed Bandit (MAB) alqoritmləri yeni qiymətləri sınaq (exploration) və məlum optimal qiymətləri tətbiq etmək (exploitation) arasında praktik tarazlıq təmin edir və dərin RL şəbəkələrinə nisbətən daha sürətli konvergensiya göstərir [14].

3. KOB-lar üçün hibrid alqoritmik çərçivənin inkişafı. Təklif olunan çərçivə xarici rəqib məhdudiyyətlərini daxili elastiklik-əsaslı optimallaşdırma ilə birləşdirir.

Faza I: Məlumat mühəndisliyi: Vaxtında daxili və xarici məlumatların toplanması üçün güclü bir məlumat boru kəməri tələb olunur [9]. Hibrid qiymət modeli üçün tələb olunan əsas məlumat mənbələri, onların növləri və toplanma tezliyi Cədvəl 1-də ümumiləşdirilmişdir.

Cədvəl 1. Hibrid qiymət modeli üçün məlumat girişləri.

Məlumat mənbəyi	Növ	Toplanan göstəricilər	Tezlik	Metod
Daxili ERP/Satış	Strukturlaşdırılmış	Tarixi Qiymət, Satılan Miqdar, Xərc, Marja, Qaytarışlar	Real vaxt	SQL/API
Veb Analitika	Yarı-Strukturlaşdırılmış	Səhifə Baxışları, Səbətə Əlavələr, Konversiya Nisbəti	Real vaxt	API
Rəqib Kəşfiyyatı	Strukturlaşdırılmamış	Rəqib Qiyməti, Stok Statusu, Çatdırılma Xərci	Günlük/Saatlıq	Veb Skrayping / API-lər
Bazar Göstəriciləri	Xarici	Mövsümlük, Bayramlar, İnflyasiya (CPI/PPI)	Həftəlik	İctimai Datasetlər

Faza II: Modelləşdirmə və məhdudiyyətlər:

• **Rəqib İndeksi (PI):** Qiymət üçün mümkün həddi müəyyən edir:

$$PI_{sku} = \left(\frac{P_{own}}{P_{competitor_avg}} \right) \times 100$$

• **Bayes elastiklik təxminatı:** Bu hədlər daxilində alqoritm məhsulun real qiymət həssaslığını (ϵ) Bayes yeniləmələri ilə

tənzimləyir. Əgər qiymət artırıldıqdan sonra satışlar gözləniləndən az olarsa, təxmin qeyri-elastikliyə doğru dəyişir və marja fürsətini göstərir [6].

Faza III: Optimallaşdırma mühərriki (Pseudokod loqikası):

Əsas alqoritm xərc və rəqib məhdudiyyətlərini təmin edərək elastiklik təxmininə əsasən mənfəəti maksimallaşdırır.

Alqoritm 1. Hibrid bayes-rəqib qiymət strategiyası.

```
# KOB Qiymət Optimallaşdırması üçün Pseudokod
Input: Cost, Inventory, Competitor_Prices, Sales_History, Strategy_Type

1. # Mümkün Qiymət Aralığını Müəyyən Et
Min_Price = Cost * (1 + Min_Margin_Target)
if Strategy_Type == 'Aggressive':
    Max_Price = min(Competitor_Prices) * 0.98
else: # 'Profit_Max'
    Max_Price = avg(Competitor_Prices) * 1.10

2. # Elastikliyi Təxmin Et (Bayes Yeniləməsi)
Prior_Elasticity = Get_Category_Prior(Product_ID)
Current_Elasticity = Update_Posterior(Prior_Elasticity, Sales_History)

3. # Optimallaşdırma
if Current_Elasticity < -1: # Elastik
    Proposed_Price = Price_for_Max_Revenue(Current_Elasticity)
    Final_Price = max(Proposed_Price, Min_Price)
else: # Qeyri-Elastik
    Proposed_Price = Price_for_Max_Profit(Current_Elasticity)
    Final_Price = min(Proposed_Price, Max_Price)

4. # Təhlükəsizlik Məhdudiyyətləri
Final_Price = Velocity_Check(Current_Price, Final_Price, Max_Change=0.05) # Günlük 5%
Final_Price = Inventory_Adjustment(Final_Price, Inventory_Level) # Yield Management

Output: Final_Price
```

Faza IV. Ehtiyat və zaman-əsaslı tənzimləmələr: Sistem yield management prinsiplərini nəzərə almalıdır: az miqdarda ehtiyat qiymətin artmasına (scarcity pricing), köhnə ehtiyat isə aqressiv endirimlərin tətbiqinə (clearance pricing) səbəb olur [6].

4. Nəticələr və performans ölçüləri.

Empirik təhlil və simulyasiyalar dinamik qiymətdöymənin müsbət təsirini təsdiqləyir:

● **Gəlirin artımı:** Pərakəndə satıcılar adətən 5%-dən 25%-ə qədər artım müşahidə edirlər [1].

● **Marjanın genişlənməsi:** Qeyri-elastik məhsullarda qiymətin təhlükəsiz şəkildə

artırılması ilə ümumi marjalar 2%-dən 10%-ə qədər yüksələ bilər [3].

● **Ehtiyat dövrüyyəsi:** Dinamik endirimlər köhnəmə riskini azaldır [9]. KOB-lar üçün mövcud qiymət strategiyalarının spesifik xüsusiyyətlərini və risklərini ehtiva edən müqayisəli təhlil Cədvəl 2-də, dinamik qiymətdöymənin gəlir və mənfəət üzərindəki hipotetik təsirini göstərən simulyasiya nəticələri isə Cədvəl 3-də təqdim edilmişdir.

Bu nəticələr göstərir ki, hibrid alqoritmik yanaşma yalnız gəliri artırmaqla kifayətlənmir, həm də mənfəəti optimallaşdıraraq KOB-lar üçün dayanıqlı rəqabət üstünlüyü təmin edir.

Cədvəl 2. Qiymət strategiyalarının müqayisəli təhlili.

Qiymət Strategiyası	Təyinedici Faktor	Məlumat Tələbi	KOB-lar üçün Uyğunluq	Əsas Risk
Cost-Plus	Daxili Xərc	Aşağı (Daxili)	Yüksək (Sadəlik)	Tələb nəzərə alınmır / Pul itirilməsi
Rəqib-əsaslı	Rəqib Qiymətləri	Orta (Skraypinq)	Yüksək (Qiymət Qəbul Edən)	Marjanın azalması / Qiymət müharibələri
Dəyər-əsaslı	İstehlakçı WTP	Yüksək (Tədqiqat)	Aşağı (Mürəkkəblik)	Subyektivlik / Ölçəklənmə problemi
Dinamik (Hibrid)	Alqoritm + Elastiklik	Yüksək (Real vaxt)	Orta-Yüksək (Alətlər ilə)	Mürəkkəblik / İstehlakçı etibarlı

Cədvəl 3. Dinamik qiymətdoymanın (simulyasiya) hipotetik gəlir təsiri.

Ölçü Metriği	Statik Qiymətdoyma	Dinamik Qiymətdoyma (Qayda-əsaslı)	Dinamik Qiymətdoyma (Hibrid Alqoritm)
Ümumi Gəlir	\$50,000	\$60,140	\$59,392
Ümumi Mənfəət	\$20,000	\$21,049	\$24,944

5. Strateji çağırışlar və etik məsələlər.

Alqoritmik sövdələşmə (algorithmic collusion): Əsas risklərdən biri gizli sövdələşmənin yaranmasıdır. Bu, mənfəəti maksimallaşdıran alqoritmlərin, insan müdaxiləsi olmadan qiymətləri yüksək səviyyədə saxlamağı öyrənməsi ilə baş verir və nəticədə antiinhisar (antitrust) qanunvericiliyinin pozulmasına səbəb ola bilər [2]. Riskin azaldılması alqoritmlərin yalnız rəqibləri təqlid etmək deyil, müstəqil mənfəəti optimallaşdıracaq şəkildə tənzimlənməsi ilə mümkündür.

"Qara qutu" problemi və izah olunabilirlik: KOB-lar üçün qiymət qərarlarına etibar vacibdir. İzah oluna bilən modellərdən (məsələn, log-log reqressiya) istifadə və qərarların "audit yolunun" şəffaf olması (explainable AI) insan nəzarətinin qorunması üçün əsasdır [8].

İstehlakçı qavrayışı və ədalətlik: Tez-tez və ya izah olunmamış qiymət dəyişiklikləri müştəri etibarını azaldır. Qiymət strategiyaları istifadəçi istismarı kimi qəbul edilə biləcək hallardan çəkinməli, dəyişiklikləri gündə yalnız bir dəfə ilə məhdudlaşdırmalı və diqqəti sadəcə qiymət dalğalanmaları üzərində deyil, dəyər kommunikasiya üzərində cəmləməlidir [10].

Nəticə

Rəqəmsal iqtisadiyyat statik, xərc-əsaslı qiymətdoymanı geri dönməz şəkildə köhnəldib. Kiçik və orta biznes subyektləri (KOB-lar) üçün effektiv rəqabət və davamlı inkişaf indi dinamik qiymətdoyma strategiyalarının tətbiqinə əsaslanır. Bu sektorun qarşısındakı əsas çağırış — mülkiyyətə məxsus satış məlumatlarının məhdudluğu — həll olunmaz deyil, lakin riyazi cəhətdən etibarlı və resurs-effektiv metodologiya tələb edir.

Bu tədqiqat göstərir ki, hibrid rəqib-elastiklik çərçivəsi məlumatlara əsaslanan praktik yol təqdim edir. Çərçivənin əsas innovasiyası real vaxt rəqib məlumatları ilə Bayes inferensiyasının birləşdirilməsidir [5]; bu yanaşma "seyrək məlumat" problemini həll edir və əvvəlcədən bilikləri davamlı yenilənən bazar məlumatları ilə birləşdirir. Bu imkan KOB-lara məhsul satışının ilk günündən etibarən qiymətləri optimallaşdırmağa və dinamik qiymətdoymanın ayrılmaz hissəsi olan exploration vs. exploitation balansını idarə etməyə imkan verir [6].

Empirik nəticələr və simulyasiyalar göstərir ki, bu inteqrasiya olunmuş yanaşma əhəmiyyətli iqtisadi faydalar təmin edir. Rəqabət çərçivəsində müəyyən edilmiş qiymət

hədləri daxilində elastiklik-əsaslı optimallaşdırma prioritet verərək, Hibrid model ənənəvi və yalnız qayda-əsaslı sistemlərlə müqayisədə daha yüksək mənfəət marjaları və inventar dövriyyəsi təmin edir. Tədqiqatlar göstərir ki, dinamik qiymət strategiyalarının tətbiqi qiymətləri dəqiq şəkildə istehlakçının ödəmə istəyi ilə uyğunlaşdıraraq mənfəəti artırır və adətən 5%-dən 25%-ə qədər gəlir artımı yaradır. Lakin bu sistemlərin tətbiqi sadəcə proqramlaşdırmadan ibarət deyil; strateji diqqət və etik öhdəlik tələb edir. Birincisi, firmalar explainable AI (XAI) metodologiyalarından istifadə etməli, qiymət qərarlarının şəffaf və insan nəzarəti üçün anlaşılqı olmasını təmin etməli, hər bir qiymət dəyişikliyi üçün səbəbi qeyd etməlidirlər. İkincisi, müştəri etibarının pozulmasının qarşısını almaq üçün güclü etik məhdudiyətlər tətbiq edilməli, ədalətsizlik qavrayışı və potensial gizli sövdələşmə riskləri minimuma endirilməlidir ki, bu da alqoritmik bazarlarda ciddi tənzimləyici məsələ olaraq qalır [2]. Nəticə etibarilə, elektron ticarətdə gələcək rəqabət üstünlüyü yalnız ən böyük büdcəyə və ya ən geniş məlumat bazasına sahib olanlara deyil, ən çevik, izaholunan və strateji şəkildə idarə olunan qiymət məntiqini tətbiq edən KOB-lara məxsus olacaq.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Karthiga R., Siraz S., Paulmurugan M., Aartheeswari E., Sundarapandian, Akila K. Dynamic Pricing Strategies Using Machine Learning in E-Commerce. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2025;16(9).
2. Calvano E., Calzolari G., Denicolò V., Pastorello S. Artificial Intelligence, algorithmic pricing, and collusion. *American Economic Review*. 2020;110(10):3267–3297.
3. Fantotti C. Dynamic Pricing in manufacturing SMEs: A Literature Review. *ResearchGate*. 2024.
4. Thomas P.J., Chrystal A. Retail price optimisation from sparse demand data. *American Journal of Industrial and Business Management*. 2013;3(3):295–306.
5. Hwang S.B., Kim S. Dynamic pricing algorithm for e-commerce. *computational science and its applications*. ICCSA 2006. 2006:224–233.
6. Araman V.F., Caldentey R.A. Dynamic pricing for non-perishable products with demand learning. *Operations Research*. 2009;57(5):1169–1188.
7. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Blondel M., Prettenhofer P., Weiss R., Dubourg V., Vanderplas J., Passos A., Cournapeau D., Brucher M., Perrot M., Duchesnay É. Scikit-learn: machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*. 2011;12:2825–2830.
8. Adadi A., Berrada M. Peeking Inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). *IEEE Access*. 2018;6:52138–52160.
9. Sutton RS, Barto AG. Reinforcement learning: an introduction. *mit Press*. 2018.
10. Ghose T.K., Tran T.T. A Dynamic pricing approach in e-commerce based on multiple purchase attributes. *Canadian AI 2010, LNAI*. 2010;6085:111–122.
11. Klein T. Autonomous Algorithmic collusion: q-learning under sequential pricing. *The RAND Journal of Economics*. 2021;52(3):538–558.
12. Elmaghraby W., Keskinocak P. Dynamic pricing in the presence of inventory considerations: research overview, current practices, and future directions. *management science*. 2003;49(10):1287–1309.
13. Rana R., Oliveira F.S. Real-time dynamic pricing in a non-stationary environment using model-free reinforcement learning. *Omega*. 2014;47:116–126.
14. Armstrong M. Interaction between competition and consumer search. *Oxford Review of Economic Policy*. 2008;23(3-4):432–443

Elchin Arif ABASOV

Western Caspian University, Department of Economics,
Associate Professor, PhD in Economics

Muhammad Ramiz AGHAYEV

Master's student at the Department of Computer Engineering, Western Caspian University

PRICE OPTIMIZATION FOR SMEs IN E-COMMERCE: AN ALGORITHMIC APPROACH BASED ON COMPETITOR DATA AND DEMAND ELASTICITY

Summary

This paper presents a comprehensive algorithmic framework designed specifically for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) operating in the e-commerce sector, aimed at optimizing pricing decisions. While large retailers leverage extensive data repositories and advanced models, SMEs are often constrained by sparse data environments and limited computational resources. To overcome these limitations, the study proposes a hybrid model that integrates real-time competitive intelligence with internal demand elasticity estimation. Bayesian inference is employed to compensate for data scarcity, while log-log regression models are used to calculate elasticity. The paper details the technical architecture required for implementation and demonstrates the integration of web-scraping technologies with machine learning methods adapted to resource-constrained environments, including reinforcement learning agents (Q-Learning). The analysis shows that algorithmic interventions managed with strategic constraints—preventing margin erosion and tacit collusion risks—significantly enhance overall profit margins, optimize inventory turnover, and foster sustainable competitive advantage. The study provides a practical roadmap for SMEs navigating the complexities of the digital economy, alongside a critical examination of ethical and regulatory considerations.

Keywords: dynamic pricing, e-commerce, SMEs, price elasticity of demand, machine learning.

Эльчин Ариф АБАСОВ

Западно-Каспийский Университет, кафедра экономики,
доцент, доктор философии по экономике

Мухаммад Рамиз АГАЕВ

Западно-Каспийский Университет, магистрант по специальности Компьютерная инженерия

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЦЕН ДЛЯ МСП В ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ:
АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О КОНКУРЕНТАХ И
ЭЛАСТИЧНОСТИ СПРОСА**

Резюме

В данной статье представлен комплексный алгоритмический каркас, специально разработанный для малых и средних предприятий (МСП), работающих в секторе электронной коммерции, направленный на оптимизацию ценовых решений. В то время как крупные ритейлеры используют обширные базы данных и продвинутые модели, МСП часто ограничены редкими данными и ограниченными вычислительными ресурсами. Для преодоления этих ограничений предлагается гибридная модель, объединяющая информацию о конкурентах в реальном времени с оценкой внутренней эластичности спроса. Для компенсации нехватки данных применяется байесовский вывод, а для расчета эластичности — логарифмическая регрессия (log-log). В статье подробно описана техническая архитектура, необходимая для внедрения, и показана интеграция технологий веб-скрапинга с методами

машинного обучения, адаптированными к ресурсно-ограниченной среде, включая агентов обучения с подкреплением (Q-Learning). Анализ показывает, что алгоритмические вмешательства, управляемые стратегическими ограничениями — предотвращающими эрозию маржи и риски скрытого сговора — значительно повышают общую маржу прибыли, оптимизируют оборачиваемость запасов и способствуют устойчивому конкурентному преимуществу. Статья предлагает практическую дорожную карту для МСП в условиях сложной цифровой экономики, а также критический анализ этических и нормативных аспектов.

Ключевые слова: динамическое ценообразование, электронная коммерция, МСП, ценовая эластичность спроса, машинное обучение.

Daxil olub: 09.04.2026