

## İNFORMATİKA

NEFT QUYULARININ FƏSADLARA NƏZƏRƏN  
QEYRİ-SƏLİS PROQNOZ MODELƏRİ

R.A.QULİYEV

*Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti*

*Məqalədə geoloji-mədən məlumatlarının qeyri-müəyyənliyi şəraitində neft quyularının vəziyyətlərinin proqnozlaşdırılması məsələlərinə baxılmış, quyuların vəziyyətini xarakterizə edən parametrlərin mənsubiyyət funksiyası əsasında qeyri-səlis klassifikasiya prinsipindən istifadə etməklə proqnozlaşdırma məsələsini həll etməyə imkan verən qeyri-səlis alqoritm təklif edilmişdir.*

Neft quyularının hasilatının dinamikasının tədqiqi sahəsində informasiya qıtlığı problemi ilə üzləşmə labüddür. Ona görə də yeni informasiya texnologiyalarının, yəni klassik riyaziyyatın üsulları ilə yanaşı, ilk növbədə qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi, neyroşəbəkələr, xaos nəzəriyyəsi, fraktal nəzəriyyə və genetik alqoritmlərin tətbiqi olmadan neft quyularının fəsadlara nəzərən proqnoz modelini qurmaq və tədqiq etmək mümkün deyildir.

Fərz edək ki,  $x_1, x_2, \dots, x_m$  dinamik obyektlərinin  $\|x_{ij}(t)\|_{m \times n}$  matrisi verilmişdir və hər bir  $t_k \in [0, t_p]$  zaman kəsiyində bu matrisin elementləri məlumdur, burada  $m$  tədqiq olunan dinamik obyektlərin,  $n$  isə bu obyektləri təsvir edən əlamətlərin sayıdır.  $x_1, x_2, \dots, x_m$  dinamik obyektlərinin proqnoz vəziyyətlərini müəyyən etmək üçün  $t_0, t_1, \dots, t_p$  zaman kəsiklərində  $\|x_{ij}(t)\|_{m \times n}$  matrisinin elementlərinin  $\|x_{ij}(t_0)\|_{m \times n}, \|x_{ij}(t_1)\|_{m \times n}, \dots, \|x_{ij}(t_p)\|_{m \times n}$  qiymətləri əsasında  $[t_{p+1}, T]$  zaman kəsiyində

$$\|x_{ij}(t_{p+1})\|_{m \times n}$$

matrisinin elementlərinin proqnoz qiymətləri tapılmalıdır. Obyektləri təsvir edən əlamətlərin təbiəti qeyri-səlis olduğundan hər bir əlamətin  $t_0, t_1, \dots, t_p$  zaman kəsiklərinə uyğun zaman sıraları *fazifikasiya* olunaraq  $m$  sayda qeyri-səlis zaman sırasına çevrilir və ondan sonra işdə qeyri-səlis mühitdə proqnoz alqoritmi işlənir.

Proqnoz modelinin qurulması ilk növbədə qeyri-səlis zaman sıralarının təsnifatına əsaslandığından, informasiya qıtlığı səbəbindən bu

təsnifatı yerinə yetirən bir modullar sistemi yaratmaq zəruridir. Belə bir məsələnin həllini [1]-də ABS alimləri araşdırmışlar. Burada təklif edilən «Predictive modular fuzzy system» (PREMOFS) (qeyri-səlis modulyar öncəgörmə sistemi) adlanan bu sistem iki komponentdən ibarətdir:

- öncəgörmə modullar bankı;
- qeyri-səlis həll modulları.

Neft quyularının fəsadlarını müəyyənləşdirməklə qeyri-səlis proqnoz modellərini [2] qurmaq üçün fərz edək ki, hər bir neft quyusunun əlamətlər toplusuna nəzərən qurulmuş zaman sıraları məhdud tədqiqat yığımına məxsus olan mənbə tərəfindən yaradılmışdır. Onda bu zaman sıralarının təsnifatı problemi müşahidə olunan verilənləri daha yaxşı təqdim edən mənbənin seçilməsindən ibarət olur [3].

Sonlu səlis  $\Theta = \{ \theta_1, \dots, \theta_k \}$  yığımı,  $S(\theta_k)$  mənbəsi ( $(\theta_k)$  - parametri  $\Theta$ -da qiymətə malikdir) və  $S(\theta_k)$ -nın hasil etdiyi  $X_t$ ,  $t=1,2$ , zaman sıraları mövcuddur, burada  $X_t$  istənilən  $n$  üçün  $R^n$ -də qiymətə malikdir [1].  $\Theta$  bundan sonra qeyri-dəqiq yığım, ifrat çoxluq və ya qeyri-səlis ardıcılıq terminləri ilə universal yığım adlandırılır, dəqiq  $\theta_k$  qiymətini tapmaq zaman sırası hasil edən mənbənin ayırd edilməsi üçün lazımdır.

$\Theta$  çoxluğunda müəyyən olunmuş  $Z$  dəyişənini və  $S(Z)$  mənbəsinin hasil etdiyi zaman sıralarını nəzərdən keçirək, burada  $X_1, X_2, \dots$  zaman sırası  $Z=\theta_1$ ,  $S(\theta_1)$  ilə hasil edilir.  $Z$ -in  $\Theta$ -da müəyyən olunan və  $Z_t$  adlandırılan qiymətini götürək. Qeyri-səlis həll qaydalarına əsasən  $Z$  hər bir zaman addımında təzələndiyi üçün  $t$  zaman indeksi tətbiq olunur: əgər fərz etsək ki, 1 zamanında  $S(\theta_1)$  ilə  $X_1, X_2, X_3, \dots$  hasil edilib, onda  $Z=\theta_1$ . Nə qədər çox müşahidə əldə olunursa,  $Z$  zamana görə bir o qədər çox dəyişir.  $Z$ -in zamana görə müəyyənləşdirilməsi aşağıdakı fəzvi mühakimə prosesinə əsaslanır. « $S(Z)$  mənbəyi  $S$ -t zaman intervallında fəaldır» atributu nəzərdən keçirilir. Elementləri bu atributu qane edən səlis çoxluq  $\Theta$ -dan götürülmüş bir elementdən ibarətdir, çünki fərz edilir ki, zaman sıraları vahid mənbə tərəfindən hasil edilir. Lakin biz

$$A(s,t) = \{ (Z, \mu_{A(s,t)}(Z)) \mid Z \in \Theta \}$$

fəzvi çoxluğundan istifadə etməyi nəzərdə tuturuq. Bu işə dəqiq təsnifata təminat verir. Tədqiqatlar zamanı alınan nəzəri nəticələrdən istifadə etməklə neft quyularının fəsadlara nəzərən qeyri-səlis modulyar proqnoz modellərini yazaq.

Fərz edək ki,  $S(\theta_k)$  mənbəyi  $X_1, X_2, X_3, \dots$  zaman ardıcılığını hasil edir, burada  $\theta_k$  parametri məhdud çoxluqda  $\Theta = \{ \theta_1, \dots, \theta_k \}$  qiymətə malikdir. Zaman sıralarını (intervallarını) hasil edən mənbələr müəyyənləşdirilmiş olmalıdır. Tipik nümunə  $\Theta = \{ [(ah)], [oo], \dots \}$  fonem çoxluğuna daxil olan nitq,  $X_1, X_2, \dots$  zaman sıraları və  $\theta_k$  fonem işarələrindən ibarətdir,  $[ah]$  fonemi  $S([ah])$ -la hasil edilən  $X_1, X_2$ -yə uyğundur. Təsnifatın dinamik nümunəsi termini «sinif» və «mənbə» terminləri üçün olduğu kimi zaman-ardıcılıqlı təsnifatın sinonimi kimi istifadə

olunacaqdır. «Dinamik təsnifat» termini statik təsnifat modelinə əks mənada istifadə olunur, burada məxsusi vektor mümkün siniflər içərisindən bir yığımla təyin oluna bilər. Statik təsnifat nümunəsi problemi (modeli) nümunənin tanınmasına dair ədəbiyyatda tez-tez rast gəlinir və onlar qeyri-səlis metodlarla həll oluna bilər və bu problemin digər işlənmələrində statik və ya neyron şəbəkə metodlarından istifadə edilir.

Bəzi xarakteristikalar dinamik nümunənin təsnifatını statik təsnifatdan fərqləndirir. Əgər müşahidə vektoru (xarakteristikalar vektoru)  $X_1, X_2, X_3, \dots$  zaman sıralarının müşahidələri kimi nəzərdə tutulursa, onda problemin ölçüsü hədsiz artır, həm də tələb olunur ki, yeni verilənlər əldə edilən kimi daim təsnifat təzələnsin (təshih edilsin). Nəticəyə adi yanaşma problemin statikləşdirilməsindən ibarətdir, yəni zaman sıraları hissə-hissə nəzərdən keçirilir (adətən, sürüşən pəncərə vasitəsilə); hər hissə əvvəlcədən emal olunur və xarakteristikanın statik vektoru seçilir. Son nəticədə əvvəlcədən emal edilmiş xüsusiyyət vektoru (səciyyəvilik) statik nümunənin təsnifatı üçün istifadə olunur. Yuxarıda verilmiş zaman ardıcılıqlarının tətbiqində yoxlanılmış bu yanaşma bir neçə addımdan sonra mühüm korrelyasiyaların itirilməsi kimi nəticəyə gətirə bilər. Burada zaman ardıcılıqları təsnifatı proqnozlayıcı qeyri-səlis modul sistemi adlanan sistemlə yerinə yetirilir. PREMOFS iki mərhələdə (fazada) işləyir. Müstəqil fazada öncəgörən verilənləri aldıqdan sonra hər bir namizəd üçün mənbə-qrup hazırlayır (fərdi mənbənin verilənlərindən istifadə etməklə). Verilənlərin qəbul edilməsi fazasında (idarə olunan faza),  $t = 1, 2, \dots$  zaman addımlarında hər bir öncəgörən emal olunmamış  $X_{t-1}, X_{t-2}$  verilənlərindən istifadə etməklə növbəti  $X_t$  müşahidəsinin dəyərləndirilməsini (hesablanmasını) aparır. Yeni  $X_t$  müşahidəsi əldə edilən olduqda hər bir öncəgörən üçün müvafiq öncəgörmə xətası hesablanır; bu səhv (xəta) rekursiv metodda müvafiq mənbənin üzvlük dərəcəsinin təzələnməsi üçün istifadə olunur.  $t$  zaman anında zaman sıraları mənbəyə görə təsnifat olunmaqla yanaşı, maksimum üzvlük dərəcəsi ilə də təsnif olunur. Qısaca olaraq, bu yanaşma son verilənlərin tam yığımlarını emal edilmədən istifadə etməklə, proqnozlaşdırılan dəqiqliyin əsaslandığı üzvlük funksiyalarının rekursiv hesablanması üçün zaman sıralarını bir məhdud sinfə təsnif edən modul sistemidir. Bu, yanaşmanın stimullaşdırılması üçün ayırıcı alqoritmdən irəli gəlir, belə ki, metod əvvəlcə identifikasiya və nəzarət sisteminə tətbiq olunmuşdu. Biz ayırıcı alqoritm neyron təsnifat alqoritmləri ailəsinin proqnozlayıcı modul neyron şəbəkələrinin inkişafı üçün bazis kimi istifadə etmişik [2,3] və bu da [1]-də şərh edilən yanaşmaya çox yaxın bir yanaşmadır.

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində qeyri-səlis mühitdə neft quyularının fəsadlara nəzərən vəziyyətlərinin proqnozlaşdırılması üçün 2 alqoritm alınmışdır.

**Alqoritm 1.**

Bu alqoritm **Sum/product** adlanır

$$f = 1, 2, \dots, F \quad \text{və} \quad t = 1, 2, \dots,$$

$$0 < \mu_0^f < 1, \quad (1)$$

$$X_t^f = F(X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-M}; \theta_f), \quad (2)$$

$$e_t^f = X_t - X_t^f \quad (3)$$

mənsubiyət funksiyası isə

$$\mu_t^f = \frac{\mu_{t-1}^f \cdot e^{-\left(\frac{e_t^f}{\sigma}\right)^2}}{\sum_{l=1}^K \mu_{t-1}^l \cdot e^{-\left(\frac{e_t^l}{\sigma}\right)^2}} . \quad (4)$$

$$Z_t = \arg \max_{\theta_f \in \Theta} \mu_t^f \quad (5)$$

max/min algoritmində hesablama prosesi

$$Z_t = \arg \max_{\theta_f \in \Theta} \mu_{A(l_t)}(\theta_f) \quad (6)$$

və ya daha sadə formada

$$Z_t = \arg \max_{\theta_f \in \Theta} \mu_t^f , \quad (7)$$

$$X_t^f = F(X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-M}; \theta_f) \quad (8)$$

və

$$E_t^f = \left[ X_t - X_t^f, X_{t-1} - X_{t-1}^f, \dots, X_{t-N} - X_{t-N}^f - N \right] , \quad (9)$$

$$\mu_t^f = \frac{\mu_{t-1}^f \text{ and } e^{-\left(\frac{E_t^f}{\sigma}\right)^2}}{OR_{t-1}^f(\mu_{t-1}^l \text{ and } e^{-\left(\frac{E_t^l}{\sigma}\right)^2})} . \quad (10)$$

(7), (8), (9) və (10) ifadələrinin birləşdirilməsi, AND-ların minimumla və bütün OR-ların maksimumlarla əvəz edilməsi yolu ilə yerinə yetirilmişdir.

### **Alqoritm 2.**

Bu alqoritm **max/min** adlanır,  
 $f = 1, 2, \dots, F$  və  $t = 1, 2, \dots$  üçün

$$0 < \mu_0^f < 1 , \quad (11)$$

$$X_t^f = F(X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-M}; \theta_f) , \quad (12)$$

$$E_t^f = \left[ X_t - X_t^f, X_{t-1} - X_{t-1}^f, \dots, X_{t-N} - X_{t-N}^f \right] , \quad (13)$$

$$\mu_t^k = \frac{\mu_{t-1}^k \wedge e^{-\left(\frac{E_t^k}{\sqrt{N}\sigma}\right)^2}}{V_{l=1}^K (\mu_{t-1}^l \wedge e^{-\left(\frac{E_t^l}{\sqrt{N}\sigma}\right)^2})} , \quad (14)$$

$$Z_t = \arg \max_{\theta_f \in \Theta} \mu_t^f. \quad (15)$$

Nəticə olaraq aşağıdakı teorem isbat edilmişdir:

**Teorem.** Əgər  $f = 1, 2, \dots, F$  üçün  $0 < \mu_0^f < 1$  olarsa və elə bir  $m$  ədədi varsa ki, bütün  $f \neq m$  üçün  $D^m < D^f$  şərti ödənilir, onda

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \mu_t^m = 1,$$

digər hallar üçün isə

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \mu_t^m = 0$$

olur. Deməli, hər iki alqoritm yığılandır.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Vassilios P., Athanasios K. Predictive Modular Fuzzy Systems for Timeseries Classification / IFFE Transactions on Fuzzy Systems. Vol.5, no.3, august 1997, pp.383-396.
2. Кулиев Р.А. Нейронечеткое прогнозирование состояния нефтяных скважин по отношению к солеобразованию / Сборник докладов Межд. конф. по мягким вычислениям и измерениям (СЖМ' 2007), Санкт-Петербург: 25-27 июня 2007, т.2, с.148-150.
3. Кулиев Р.А., Керимов А.К., Ширянов К.Ф. Об одной прогнозной модели для временных рядов // Известия НАН Азербайджана, серия физико-технических наук, №3, 2004, с.120-122.

#### НЕЧЕТКИЕ ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН ПО ОСЛОЖНЕНИЯМ

Р.А.КУЛИЕВ

#### РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрены вопросы прогнозирования состояния нефтяных скважин в условиях неопределенности геолого-промысловой информации. Предложены два нечетких алгоритма, которые позволяют решить задачу прогнозирования, используя принцип нечеткой классификации на основе функций принадлежности параметров, характеризующих состояние скважин.

#### FUZZY PREDICTION MODELS OF OIL WELLS ON COMPLICATION

R.A.GULIYEV

#### SUMMARY

The article investigates the prediction of the states of oil wells on inaccurate information of geology-oil field. Two fuzzy algorithms, which allow to solve the prediction problem with the help of fuzzy classification principle based on the membership function of the parameters defining the state of the wells are offered in the work.