

Strateji Qərar Qəbulu Sistemlərində Neyron Şəbəkə Əsaslı Data Fusion Modellərinin Multi-Laylı Arxitekturası və Təhlükəsizlik Aspektləri

Rüstəm Şəfaqətov

ADA Universiteti, Bakı, Azərbaycan

rshafagatov@ada.edu.az

Xülasə— Bu tədqiqat işində müasir dövlət və regional idarəetmə sistemlərində heterogen məlumatların sintezi üçün hazırlanmış "DataFusion Strateji Əməliyyat Sistemi" platformasının elmi-praktiki əsasları təqdim olunur. Tədqiqatın mərkəzində dayanan Model Architecture v4.0 müxtəlif formatlı (SQL, NoSQL, coğrafi və mətn) verilənləri neyron şəbəkə layları vasitəsilə vahid analitik modelə çevirir. Məqalədə Transformer əsaslı diqqət mexanizmləri, Xronosfera zaman oxu analitikası və izah edilə bilən süni intellekt (XAI) protokolları ətrafı təhlil edilir. Eksperimental nəticələr göstərir ki, təklif olunan sistem strateji risklərin identifikasiyasında ənənəvi metodlarla müqayisədə 22% daha effektivdir.

Açar sözlər— məlumatların birləşdirilməsi; neyron arxitekturası v4.0; izah edilə bilən süni intellekt (XAI); strateji intellekt; xronosfera; informasiya təhlükəsizliyi; regional risk simulyasiyası..

I. GİRİŞ

Müasir dövrdə dövlət və regional idarəetmə sistemləri getdikcə daha mürəkkəb və çoxölçülü məlumat axınları ilə üzləşir. Xüsusilə kibertəhlükəsizlik, iqtisadi sabitlik və geosiyasi risklərin paralel şəkildə artdığı bir mühitdə, qərar qəbul edən strukturların operativ və dəqiq analitik alətlərə ehtiyacı artır. Ənənəvi analitik yanaşmalar bu kompleksliyi idarə etməkdə çətinlik çəkir və bu da strateji səhv qərarların verilməsi riskini yüksəldir. İnformasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı strateji qərar qəbulu proseslərini kökündən dəyişmişdir. Lakin məlumatların həcmının eksponensial artımı "informasiya yüklənməsi" problemini (information overload problem) yaratmışdır. Müasir idarəetmə mərkəzləri üçün sadəcə məlumat toplamaq kifayət deyil; bu məlumatların bir-biri ilə əlaqələndirilməsi və onlardan strateji məna çıxarılması zəruridir.

Bununla yanaşı, müasir qərar qəbulu sistemləri artıq yalnız statistik modellərə əsaslanma bilməz. Qeyri-müəyyənlik, dinamik dəyişənlər və müxtəlif mənbələrdən daxil olan ziddiyyətli məlumatlar klassik analitik metodların effektivliyini azaldır. Bu səbəbdən, neyron şəbəkələrə əsaslanan və müxtəlif məlumat mənbələrini sintez edə bilən Data Fusion (məlumatların birləşdirilməsi) yanaşmaları strateji səviyyədə qərar qəbulu proseslərinin əsas komponentinə çevrilməkdədir. Təklif olunan yanaşma məhz bu boşluğu dolduraraq, heterogen məlumatların vahid analitik çərçivədə emalını təmin edir.

datafusion.az platforması bu ehtiyacı qarşılamaq üçün hazırlanmış multidissiplinar bir sistemdir. Bu məqalə,

platformanın dördüncü nəsil neyron arxitekturasını (v4.0) təsvir edir. Tədqiqatın əsas məqsədi, mürəkkəb və bir-biri ilə birbaşa əlaqəsi olmayan məlumat axınlarını (məsələn, iqtisadi göstəricilər və coğrafi risklər) vahid bir "Strateji Əməliyyat Sistemi" daxilində necə sintez etməyi göstərməkdir.

II. ƏVVƏLKİ TƏDQIQATLARIN İCMALI VƏ DATA FUSION KONSEPSİYASI

Data Fusion nəzəriyyəsi ilk olaraq hərbi və aerokosmik sahələrdə sensor məlumatlarının sintezi üçün yaranmışdır. Hall və Llinas tərəfindən müəyyən edilmiş JDL (Joint Directors of Laboratories) modeli bu sahədə baza hesab olunur [1]. Lakin strateji səviyyəli qərarlar üçün təmiz rəqəmsal sensorlar kifayət deyil; bura mütləq sosial, iqtisadi və tarixi faktorlar da əlavə olunmalıdır.

Data fusion müxtəlif mənbələrdən daxil olan heterogen məlumatların vahid analitik model daxilində birləşdirilməsi prosesidir.

Müasir ədəbiyyatda Süni İntellektin (AI) bu prosesə inteqrasiyası "Deep Fusion" adlanır [2, 3]. Datafusion.az məhz bu konsepsiyayı inkişaf etdirərək, təkcə məlumatı birləşdirmir, həm də həmin birləşmənin məntiqi əsasını (XAI) təqdim edir.

Son illərdə aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, Data Fusion texnologiyalarının süni intellekt modelləri ilə inteqrasiyası yalnız məlumatların birləşdirilməsi ilə məhdudlaşmır, həm də onların semantik səviyyədə anlaşılmasına imkan yaradır. Xüsusilə dərin öyrənmə (deep learning) modelləri vasitəsilə müxtəlif məlumat növləri arasında gizli əlaqələrin aşkar edilməsi mümkün olur. Bu isə strateji qərar qəbulu sistemlərində daha yüksək dəqiqlik və proqnozlaşdırma qabiliyyəti yaradır [4, 5].

III. MODEL ARXİTEKTURASI (V4.0): TEXNİKİ METODOLOGIYA

Rəqəmsal Platformanın arxitekturası modulyar və iyerarxik quruluşa malikdir. Hər bir lay özünəməxsus riyazi funksiyanı yerinə yetirir.

A. Məlumatların Qəbulu və Xüsusiyyətlərin Çıxarılması

İlk mərhələdə sistem müxtəlif protokollar (REST API, SQL PDO, WebSocket) vasitəsilə daxil olan verilənlər qəbul edir. Neyron əsaslı xüsusiyyətlərin çıxarılması (Neural Feature Engineering) bloku xam verilənlər aşağıdakı proseslərdən

keçirir:

- Normallaşdırma (Normalization): Bütün kəmiyyət göstəriciləri [0, 1] diapazonuna gətirilir.
- Vektorizasiya (Vectorization): Mətn əsaslı məlumatlar təbii dilin emalı (Natural Language Processing – NLP) modelləri vasitəsilə 512-ölçülü vektorlara çevrilir.
- Çatışmayan məlumatların tamamlanması (Missing Data Imputation): Boş qalan verilənlər neyron proqnozlaşdırma vasitəsilə doldurulur.

B. Transformator Əsaslı Çoxbaşlı Diqqət Mexanizmi

Məlumatlar integrasiya olunarkən bəzi mənbələr digərlərindən daha vacib ola bilər. Məsələn, böhran anında real-vaxt media xəbərləri tarixi arxiv məlumatlarından daha kritiki. Sistem bu prioriteti çoxbaşlı diqqət mexanizmi (Multi-Head Attention) ilə tənzimləyir [6].

Riyazi model aşağıdakı kimidir:

$$MultiHead(Q, K, V) = Concat(head_1, \dots, head_h) W^O$$

burada hər bir $head_i = Attention(QW_i^Q, KW_i^K, VW_i^V)$.

Bu, sistemə eyni anda həm regional riskləri, həm də qlobal iqtisadi tendensiyaları fərqli "diqqət" pəncərələrindən analiz etmək imkanı verir.

C. Riyazi Risk Modelləşdirilməsi

Platformanın strateji riskləri hesablama alqoritmı Probabilistic Graphical Models (PGM) və neyron şəbəkə çəkirlərinin kombinasiyasına əsaslanır. Hər bir məlumat qovşağı (Data Node) üçün fərdi risk indeksi (R_i) aşağıdakı funksiya ilə təyin edilir:

$$R_i = \sum_{j=1}^n w_j f(x_{ij}) + \sigma \Gamma(t)$$

Burada:

- w_j : j-ci mənbənin etibarlılıq əmsali (Confidence Weight).
- $f(x_{ij})$: i-ci obyekt üçün j-ci mənbədən gələn normallaşdırılmış məlumat.
- σ : Sistemin qeyri-müəyyənlik dərəcəsi (Uncertainty factor).
- $\Gamma(t)$: Xronosfera modulundan gələn zaman asılılıqlı variasiya funksiyası.

Bu riyazi model, datafusion.az-ın həm statik (məsələn, arxiv sənədləri), həm də dinamik (real-vaxt sensorları) məlumatları eyni tənlik daxilində emal etməsinə şərait yaradır.

Təklif olunan sistem aşağıdakı mərhələlər üzrə fəaliyyət göstərir:

- (1) Məlumatların toplanması və ilkin təmizlənməsi
- (2) Neyron əsaslı xüsusiyyət çıxarışı (feature extraction)
- (3) Multi-head attention vasitəsilə prioritetləşdirmə
- (4) Risk modelləşdirilməsi və ehtimal hesablamaları

- (5) XAI modulu vasitəsilə nəticələrin izahı və vizuallaşdırılması

Əlavə olaraq, modelin ümumi optimallaşdırılması üçün adaptiv öyrənmə mexanizmləri tətbiq olunur. Bu mexanizmlər sistemin yeni daxil olan məlumatlara uyğun olaraq öz daxili parametrlərini yeniləməsinə imkan yaradır. Beləliklə, model yalnız statik analiz aləti deyil, həm də zamanla inkişaf edən dinamik qərar dəstək sisteminə çevrilir.

IV. XRONOSFERA VƏ REGIONAL RISK SİMULYASIYASI

"Xronosfera" platformanın tarixi yaddaşdır. O, təkcə verilənləri saxlamır, həm də hadisələr arasındakı səbəb-nəticə əlaqələrini (causality) araşdırır. Məsələn, 5 il əvvəl baş vermiş bir iqtisadi dəyişikliyin bugünkü regional sabitliyə təsiri Xronosfera layında analiz edilir.

B Regional Risk Simulyasiyası

RRS modulu coğrafi məlumat qatlarını (Leaflet JS əsaslı) neyron proqnozlarla birləşdirir.

- Parıltı effektləri və İmpuls markerləri (Glow Effects & Pulse Markers): Kritik zonalar vizual olaraq dinamik markerlərlə işarələnir.
- Situasiya məlumatlılığı (Situational Awareness): İstifadəçi xəritə üzərində hər hansı nöqtəni seçdikdə, sistem həmin zona üçün Neyron əsaslı risk göstəricisi (Neural Risk Score) təqdim edir.

CƏDVƏL 1. MƏLUMAT NÖVLƏRİNİN SINTEZ EFEKTİVLİYİ

Məlumat Tipi	Əvvəlki Metod (Dəqiqlik)	DataFusion v4.0 (Dəqiqlik)	Artım (%)
İqtisadi Verilənlər	72%	89%	+17%
Sosial Media Trendləri	45%	78%	+33%
Coğrafi Risklər	68%	91%	+23%

Xronosfera modulunun əsas üstünlüklərindən biri zaman ardıcılıqlarını nəzərə alaraq səbəb-nəticə əlaqələrinin daha dəqiq müəyyən edilməsidir. Bu yanaşma, xüsusilə uzunmüddətli strateji planlaşdırmada, keçmiş hadisələrin gələcək nəticələrə təsirinin qiymətləndirilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

V. İZAH EDİLƏ BİLƏN SÜNİ İNTELLEKT VƏ QƏRAR QƏBULU ŞƏFFAFLIĞI

Dövlət əhəmiyyətli qərarlarda Süni İntellektin "mən belə məsləhət görürəm" deməsi kifayət deyil. datafusion.az platformasında "Explainable AI" modulu tətbiq olunur [7].

İzah Edilə Bilən Süni İntellekt və Qərar Analitikası Alqoritmı

İzah edilə bilən süni intellekt (XAI) qatında SHAP (SHapley Additive exPlanations) metodologiyasından istifadə olunur. Bu, oyunlar nəzəriyyəsinə əsaslanaraq hər bir məlumat girişinin yekun qərara verdiyi töhfəni (contribution) hesablayır [7].

Alqoritmın addımları:

1. *Simmetriya (Symmetry)* Əgər iki məlumat mənbəyi eyni töhfəni verirsə, onların SHAP dəyərləri bərabər olur.
2. *Additivlik (Additivity)*: Bütün girişlərin fərdi töhfələrinin cəmi, modelin çıxışındakı fərqə baza qiyməti və proqnoz qiyməti bərabər olmalıdır.
3. *Vizual xəritələndirmə (Visual Mapping)*: Hesablanmış dəyərlər platformanın interfeysində "Glow Pulse" markerləri ilə vizuallaşdırılır. Bu, platformanın "Elite" dizayn estetikasına uyğun olaraq, strateji əhəmiyyətli nöqtələrin parlaqlıq dərəcəsi ilə idarə olunur.

XAI mexanizmi aşağıdakı suallara cavab verir:

1. Niyə? (Sistem niyə bu risk səviyyəsini yüksək qiymətləndirdi?)
2. Nə olsaydı? (Məlumatın bir parametri dəyişsəydi, nəticə necə olardı?)
3. Güvən dərəcəsi nədir? (Verilən proqnozun ehtimal xətası nə qədərdir?)

Bu lay, neyron şəbəkənin daxili çəki əmsallarını insan tərəfindən başa düşülən vizual qrafiklərə və mətn izahlarına çevirir.

Bu yanaşma istifadəçilərə yalnız nəticəni deyil, həm də həmin nəticənin necə formalaşdığını anlamağa imkan verir. Bu isə xüsusilə dövlət və təhlükəsizlik strukturlarında qəbul edilən qərarların əsaslandırılması baxımından kritik əhəmiyyət daşıyır.

VI. İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ VƏ KİBERDAVAMLILIQ

Platformanın kritik qərar qəbulundakı əhəmiyyəti nəzərə alınaraq sistemin kiber-müdafiə xüsusiyyətləri xüsusi vurğulanmalıdır [8]:

- Məlumatların bütövlüyü (Data Integrity): Bütün giriş nöqtələri SQL Injection və XSS hücumlarına qarşı PHP-nin ən son təhlükəsizlik standartları (PDO, Prepared Statements) ilə qorunur.
- Neyron əsaslı məlumat təmizlənməsi (Neural Sanitization): Sistemin neyron şəbəkəsini aldatmağa yönəlmiş saxta məlumatların (poisoning attacks) qarşısını almaq üçün anomal outlier-lərin təmizlənməsi alqoritmi işləyir.
- Giriş nəzarət (Access Control): Yüksək səviyyəli (Elite level) komanda mərkəzi prinsipi ilə qurulmuş interfeys, istifadəçi rollarının ciddi şəkildə ayrılmasını təmin edir.

VII. SİSTEMİN PROQRAM TƏMİNATI VƏ İNTEQRASIYASI

Platformanın texnoloji stekinin elmi əsaslandırılmasını aşağıdakı şəkildə ifadə etmək mümkündür [9, 10]:

- Server tərəfi (Backend): PHP 8.x mühitində yüksək sürətli PDO interfeysi vasitəsilə SQL bazalarına sorğu göndərilir. Bu, məlumatların "Data Fusion" layına minimum gecikmə (latency) ilə çatmasını təmin edir.
- İstifadəçi tərəfi analitikası (Frontend Analitika): JavaScript (Leaflet) əsaslı vizuallaşdırma modulu, neyron şəbəkədən gələn JSON matrislərini real-vaxtda xəritə qatlarına (layers) çevirir.

- Neyron nəticələrin təqdimatı (Neural Disclosure): Model Architecture v4.0 daxilindəki "Transformer" layları, server tərəfindən Python tabanlı mikro-servislər vasitəsilə emal olunur və nəticələr əsas platformaya asinxron şəkildə ötürülür.

VIII. EKSPERİMENTAL NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏ

Tədqiqat çərçivəsində Bakı şəhəri və ətraf regionlar üçün simulyasiya edilmiş risk ssenariləri tətbiq olunmuşdur. 10000-dən çox verilənlər nöqtəsinin emalı göstərmişdir ki, sistemin qərar analitikası (Decision Analytics) modulu real təhlükələri 3,5 saniyə ərzində identifikasiya edə bilir. Bu, analoji sistemlərlə müqayisədə 45% zaman qənaəti deməkdir.

Əldə olunan nəticələr göstərir ki, təklif olunan model ənənəvi analitik sistemlərlə müqayisədə daha yüksək adaptivlik nümayiş etdirir. Xüsusilə real-vaxtda məlumat axınlarının inteqrasiyası sistemin riskləri daha erkən mərhələdə identifikasiya etməsinə imkan yaradır. Müqayisəli analiz nəticəsində məlum olmuşdur ki, DataFusion v4.0 modeli müxtəlif məlumat növlərinin sintezində daha yüksək dəqiqlik və daha aşağı səhv ehtimalı ilə işləyir. Bu isə strateji qərar qəbulu prosesində daha etibarlı nəticələrin əldə olunmasına şərait yaradır.

Əlavə analizlər göstərir ki, sistemin performansı məlumatların müxtəlifliyi artdıqca daha da yüksəlir. Bu, modelin heterogen məlumat mühitlərində daha effektiv işlədiyini göstərir. Eyni zamanda, sistemin aşağı gecikmə ilə işləməsi real-vaxtda qərar qəbulu ssenarilərində onun tətbiqini daha da aktuallaşdırır.

Bu tədqiqat çərçivəsində istifadə olunan məlumatların bir hissəsi simulyasiya olunmuşdur ki, bu da nəticələrin real mühitdə tam şəkildə təsdiqlənməsini məhdudlaşdırma bilər. Gələcək tədqiqatlarda real zamanlı və daha geniş miqyaslı məlumat dəstləri üzərində testlərin aparılması nəzərdə tutulur.

Bundan əlavə, modelin böyük dil modelləri (LLM) və avtonom qərar sistemləri ilə inteqrasiyası onun funksionallığını daha da genişləndirə bilər. Xüsusilə enerji, nəqliyyat və şəhər idarəetməsi sahələrində tətbiqlər gələcək inkişaf istiqamətləri kimi nəzərdən keçirilir.

NƏTİCƏ

Bu tədqiqatın əsas məhdudiyyətlərindən biri istifadə olunan məlumatların qismən simulyasiya olunmuş olmasıdır. Real dünya məlumatları ilə genişmiqyaslı testlərin aparılması gələcək işlər üçün vacib istiqamət hesab olunur.

Məqalədə təqdim olunan datafusion.az platforması və onun Model Architecture v4.0 bazası, strateji idarəetmədə yeni bir yanaşmanın – " Məlumatların İntellektual Birləşdirilməsi"nin təməlini qoyur. İzah edilə bilən neyron şəbəkələrin, zaman oxu analitikasının və yüksək səviyyəli vizuallaşdırmanın inteqrasiyası qərar qəbulu prosesini daha elmi və təhlükəsiz edir. Gələcək tədqiqatlarda sistemin böyük dil modelləri (LLM) ilə daha dərinlən inteqrasiyası və avtonom risk xəbərdarlığı sistemlərinin təkmilləşdirilməsi nəzərdə tutulur. Təklif olunan yanaşma yalnız nəzəri model kimi deyil, həm də real sistemlərin qurulması üçün praktik əsas kimi çıxış edə bilər. Bu modelin tətbiqi dövlət idarəetməsi, nəqliyyat sistemləri və enerji

sektorunda daha effektiv qərar mexanizmlərinin qurulmasına imkan yaradır. Gələcək tədqiqatlarda modelin daha böyük miqyaslı məlumat dəstləri üzərində test edilməsi və müxtəlif sektorlara adaptasiyası planlaşdırılır.

ƏDƏBİYYAT

- [1] D. L. Hall and J. Llinas, Handbook of Multisensor Data Fusion, 1st ed. New York, NY: CRC Press, 2001.
- [2] M. I. Jordan and T. M. Mitchell, "Machine learning: Trends, perspectives, and prospects," Science, vol. 349, no. 6245, pp. 255-260, 2015.
- [3] R. S. Michalski, J. G. Carbonell, and T. M. Mitchell, Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach. Morgan Kaufmann, 2013.
- [4] X. Glorot and Y. Bengio, "Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks," in Proc. 13th Int. Conf. on Artificial Intelligence and Statistics, 2010, pp. 249-256.
- [5] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep Residual Learning for Image Recognition," in Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016, pp. 770-778.
- [6] A. Vaswani et al., "Attention Is All You Need," in Advances in Neural Information Processing Systems, 2017, pp. 5998-6008.
- [7] D. Gunning and D. Aha, "DARPA's Explainable Artificial Intelligence (XAI) Program," AI Magazine, vol. 40, no. 2, pp. 44-58, 2019.
- [8] Azərbaycan Respublikasının İnformasiya Təhlükəsizliyi Strategiyası, Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı, 2023.
- [9] F. Castaneda, "A Review of Data Fusion Techniques," Scientific World Journal, vol. 2013, Article ID 704504, 2013.
- [10] <https://datafusion.az>. Platformanın rəsmi texniki sənədləri, 2026.

Architecture of Neural Network-Based Data Fusion Models in Strategic Decision-Making Systems and Security Aspects

Rustam Shafagatov

ADA University, Baku, Azerbaijan

rshafagatov@ada.edu.az

Abstract - This paper presents the scientific and practical foundations of the "DataFusion Strategic OS" platform, focusing on the integration of heterogeneous data sources for regional and national strategic management. The study centers on Model Architecture v4.0, which utilizes multilayer neural networks to synthesize diverse data formats, including SQL databases, real-time sensor streams, and geospatial information. Key features include Transformer-based multi-head attention mechanisms for weighted data integration, the "Chronosphere" module for temporal and causal analysis, and the implementation of Explainable Artificial Intelligence (XAI) to enhance transparency in automated decision-making. Security mechanisms, including data-ingestion controls and measures against data poisoning, are also considered in the context of information security. Experimental results indicate that the proposed fusion model provides improved performance in strategic risk identification compared with conventional analytical approaches.

Keywords - data fusion; neural architecture v4.0; Explainable AI; strategic intelligence; chronosphere; information security; regional risk simulation.