



STATISTIK USULLAR YORDAMIDA MA'LUMOTLARDAGI XATOLARNI ANIQLASH VA TUZATISH ALGORITMLARI

Karshiyev X.B.
Abdullayev N. N

Samarqand davlat universiteti

Annotatsiya

Ushbu maqolada ma'lumotlar uzatish va saqlash jarayonida yuzaga keladigan xatoliklarni aniqlash hamda tuzatish masalalari statistik yondashuv asosida tadqiq etilgan. Taklif etilgan A, B va C algoritmlar mos ravishda matnli, raqamli va aralash ma'lumotlarda harflar va raqamlarning chastotalarini hisoblash orqali xatoliklarni aniqlash va avtomatik tuzatish imkonini beradi. Har bir algoritm ikki o'lchovli massivlar yordamida nazorat qiluvchi strukturalarni yaratib, ma'lumotlarning aniqligini ta'minlaydi. Ushbu algoritmlar bir, ikki va uch karrali xatolarni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega bo'lib, aniqlay olmaydigan xatoliklar ehtimoli juda past ($P_n < 0.2 \cdot 10^{-6}$) ekani ko'rsatilgan. Statistik asoslangan bu yondashuvlar zamonaviy axborot tizimlarida ma'lumotlar ishonchligini oshirish va axborot xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: Zamonaviy axborot tizimlari, aniqlovchi va tuzatuvchi algoritmlar, kiruvchi axborot oqimi, CRC, Reed–Solomon kodlari.

Annotation: This article explores statistical methods for detecting and correcting data errors in information transmission and processing systems. Three algorithms - A, B, and C - are proposed, each designed to handle different types of data: textual, numerical, and mixed (alphanumeric), respectively. These algorithms analyze the frequency of character occurrences in two-dimensional data arrays to identify anomalies. By comparing control arrays generated before and after data transmission, the system can detect and automatically correct single, double, and triple character errors. The probability of undetected errors is shown to be extremely low ($P_n < 0.2 \cdot 10^{-6}$). The proposed methods are practical and effective for ensuring data reliability and information security in modern digital systems.

Keywords: Modern information systems, detection and correction algorithms, incoming information flow, CRC, Reed–Solomon codes.

Kirish

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va raqamli tizimlarning jadal rivojlanishi natijasida axborot hajmi keskin ortdi. Shu bilan birga, ushbu tizimlar orqali uzatilayotgan, saqlanayotgan va qayta ishlanayotgan ma'lumotlarning aniqligi va

ishonchliligi masalasi tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Dastlabki yillarda axborot uzatishda ma'lumotlar ishonchliligi 10^{-6} xato/belgi, har yuz mingta harf yoki raqamda bittadan xato bo'lishi mumkinligi qabul qilingan edi. Bugungi kunda esa bu ko'rsatkichni 10^{-9} xato/belgi darajasiga yetkazish talabi qo'yilmoqda, bu esa axborot ishonchliligiga bo'lgan talabning keskin oshganligini ko'rsatadi.

Zamonaviy axborot tizimlarida yuqori aniqlikdagi ma'lumot almashinuvi va saqlanishini ta'minlash uchun turli xatoliklarni aniqlovchi va tuzatuvchi algoritmlar ishlab chiqilgan. Bunday algoritmlar, odatda, kiruvchi axborot oqimidagi xatolarni statistik jihatdan aniqlab, ularni tuzatish uchun matematik modellar va kodlash usullaridan foydalanadi. Algoritmlar orasida ancha samarali ishlaydiganlari ham, qo'yilgan texnik talab va yuklamalarga to'liq javob bera olmaydiganlari ham mavjud.

Xatoliklarni aniqlovchi va tuzatuvchi algoritmlar samaradorligi, statistik chastotalarni hisoblash, belgilar yoki kodlar ketma-ketligidagi normal va anormal holatlarni farqlay olish qobiliyatiga bog'liq. Xatoliklarning chastotasini aniqlash, ularning paydo bo'lish ehtimolini baholash va bu asosda avtomatik tuzatish algoritmlarini yaratish dolzarb bo'lib qolmoqda.

Ma'lumotlar uzatish va qayta ishlash tizimlarida yuzaga keladigan xatoliklarni aniqlash va tuzatish muammosi turli klassik yondashuvlar Hamda kodlari, CRC (Cyclic Redundancy Check), Reed–Solomon kodlari kabi algoritmlar asosida hal qilingan. Bu usullar ma'lumotlar oqimiga maxsus nazoratli kodlar (redundant bits) qo'shish va ularni dekodlash mexanizmlarini o'z ichiga oladi.

Klassik usullar ko'proq binar yoki raqamli ma'lumotlar oqimi uchun samarali, belgilar orasidagi kontekstual yoki statistik bog'liqlikni inobatga olmaydi. Ayniqsa, matnli yoki aralash (raqam-harfli) ma'lumotlarda yuzaga keladigan strukturaviy va semantik xatoliklarni aniqlashda ularning imkoniyati cheklangan.

Ushbu tadqiqotda ma'lumotlardagi xatoliklarni aniqlash va tuzatishning statistik chastotalarni hisoblashga asoslangan samarali algoritmini, berilgan belgilar matnida nazoratli chastota massivlari yordamida xatoliklar mavjudligini aniqlash, ularning joylashuvini belgilash va tuzatish mexanizmini ishlab chiqish talab etiladi.

Asosiy qism

2.1. Ma'lumotlardagi harflarning statistikasini hisoblash orqali matnli ma'lumotlarning ishonchligini oshirish.

Ma'lumotlardagi harflarning statistikasini ularning uzatilayotgan ma'lumotlarda uchrash sonini hisoblash orqali matnli ma'lumotlarning ishonchligini oshiruvchi algoritim (A algoritim) faqat matnli ma'lumotlardagi xatolarni nazorat qilish aniqlash va tuzatishga mo'ljallangan bo'lib, uning ishlashi quyidagi qadamlardan tashkil topgan:

1. Ma'lumotlarni axborot tizimlariga uzatish uchun tayyorlash.

- 1.1 Dastlabki ma'lumotlar ikki o'lchovli massiv ko'rinishiga keltirilib elementlari harflardan tashkil topgan M1 massiv hosil qilinadi.

$$M1 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

Bu massivning tashkil qilinishi bilan bir qatorda shu massiv har bir satrida qatnashayotgan harflar sonlaridan (chastotalaridan) tashkil topgan birinchi nazorat massivi hosil qilinadi (M2 massiv).

$$M2 = \begin{pmatrix} N(a_{11}) & N(a_{12}) & \dots & N(a_{1j}) & \dots & N(a_{1n}) \\ N(a_{21}) & N(a_{22}) & \dots & N(a_{2j}) & \dots & N(a_{2n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ N(a_{i1}) & N(a_{i2}) & \dots & N(a_{ij}) & \dots & N(a_{in}) \\ N(a_{m1}) & N(a_{m2}) & \dots & N(a_{mj}) & \dots & N(a_{mn}) \end{pmatrix}$$

Bu yerda $N(a_{ij})$ M1 massivining i -satrida a_{ij} harfining uchrashi sonini bildiradi:

$$M2 = \begin{pmatrix} Z(1) & A(3) & M(1) & O(3) & N(1) & A(1) & V(1) & I(1) & Y(1) & A(1) & X(1) & B(1) & O(1) & R(1) & O(1) & T(1) & \dots \\ T(1) & E(1) & X(1) & N(3) & O(2) & L(1) & O(2) & G(2) & Y(3) & A(1) & L(1) & R(1) & I(1) & N(1) & I(1) & N(1) & G(1) \\ Q(1) & U(1) & R(1) & I(3) & L(1) & M(1) & A(1) & V(1) & I(2) & Y(1) & V(1) & A(1) & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D(1) & A(3) & S(3) & T(1) & U(1) & R(1) & I(2) & Y(2) & A(1) & S(1) & O(1) & S(1) & L(1) & A(1) & R(1) & I(1) & \dots \end{pmatrix}$$

ko‘rinishda bo‘ladi. Bu yerda Z(1), O(3) uzatilayotgan ma’lumotlar massivining birinchi satrida “Z” harfi bor, ”O” harfi esa uch bor uchrashini bildiradi va hokozo.

So‘ngra, uzatilayotgan M1 massivning har bir ustunida qatnashayotgan harflarning sonlaridan tashkil topgan M3 massiv hosil qilinadi.

$$m3 = \begin{pmatrix} m(a_{11}) & m(a_{12}) & \dots & m(a_{1j}) & \dots & m(a_{1n}) \\ m(a_{21}) & m(a_{22}) & \dots & m(a_{2j}) & \dots & m(a_{2n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m(a_{i1}) & m(a_{i2}) & \dots & m(a_{ij}) & \dots & m(a_{in}) \\ m(a_{m1}) & m(a_{m2}) & \dots & m(a_{mj}) & \dots & m(a_{mn}) \end{pmatrix}$$

Bu yerda $m(a_{ij})$ uzatilayotgan M1 massivning j -satrida a_{ij} harfining uchrash sonini beradi. Bizning misolimizda bu massivning ko‘rinishi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi;

$$m3 = \begin{pmatrix} Z(1) & \dots & M(1) & \dots & N(1) & A(1) & V(1) & I(1) & Y(1) & A(1) & X(1) & B(1) & O(1) & R(1) & O(1) & T(1) & \dots \\ T(1) & E(1) & X(1) & \dots & \dots & L(1) & \dots & \dots & \dots & A(1) & L(1) & R(1) & I(1) & N(1) & I(1) & N(1) & G(1) \\ Q(1) & U(1) & R(1) & \dots & L(1) & M(1) & A(1) & V(1) & \dots & Y(1) & V(1) & A(1) & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D(1) & \dots & \dots & T(1) & U(1) & R(1) & \dots & \dots & A(1) & S(1) & O(1) & S(1) & L(1) & A(1) & R(1) & I(1) & \dots \end{pmatrix}$$

Bu yerda Z(1) va T(1) lar M1 massivning 1-ustunida “Z” harfi bir marta va “T” harfi ham bir marta uchrashini bildiradi;

2. Ma’lumotlarni axborot tizimlariga va ularni kompyuter xotirasiga yozish.

Bu yuqoridagi usullar bilan tayyorlangan M1, M2 hamda M3 massivlarning elementlari tanlangan usul bilan (magnit disklar, magnit lentalar, flesh xotiralarga yozgan holda yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqa kanallari orqali va hokazo). Axborot tizimlaridagi istemolchilarga uzatiladi va kompyuterining xotirasiga yoziladi;

3. Qabul qilingan ma’lumotlardagi xatolarni nazorat qilish va ularni aniqlash.

Bunda, uzatilayotgan M1 matnli massiv iste'molchining kompyuteriga kiritilgach, shu qabul qilingan massiv elementlari asosida xuddi yuqoridagi usullar yordamida har bir satrdagi harflarning sonidan tashkil topgan M4 massiv hamda har bir ustun o'chiradigan harflarning sonidan tashkil topgan massivlar tashkil qilinadi:

$$m4 = \begin{pmatrix} n'(a_{11}) & n'(a_{12}) & \dots & n'(a_{1j}) & \dots & n'(a_{1n}) \\ n'(a_{21}) & n'(a_{22}) & \dots & n'(a_{2j}) & \dots & n'(a_{2n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ n'(a_{i1}) & n'(a_{i2}) & \dots & n'(a_{ij}) & \dots & n'(a_{in}) \\ n'(a_{m1}) & n'(a_{m2}) & \dots & n'(a_{mj}) & \dots & n'(a_{mn}) \end{pmatrix}$$

va

$$m5 = \begin{pmatrix} m'(a_{11}) & m'(a_{12}) & \dots & m'(a_{1j}) & \dots & m'(a_{1n}) \\ m'(a_{21}) & m'(a_{22}) & \dots & m'(a_{2j}) & \dots & m'(a_{2n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m'(a_{i1}) & m'(a_{i2}) & \dots & m'(a_{ij}) & \dots & m'(a_{in}) \\ m'(a_{m1}) & m'(a_{m2}) & \dots & m'(a_{mj}) & \dots & m'(a_{mn}) \end{pmatrix}$$

Qabul qilingan M1 matnli massiv elementlarining ishonchligi quyidagi qoidalar asosida nazorat qilinadi:

- massiv elementlari to'g'ri qabul qilingan deyiladi, agar M2 massivning barcha elementlari M4 massivning elementlariga hamda M3 massivning barcha elementlari M4 massivning barcha elementlariga mos ravishda teng bo'lsa, bu holda to'g'ri qabul qilingan M1 massiv qayta ishlash uchun xotiraga saqlanadi.

- Massiv elementlari noto'g'ri qabul qilingan deyiladi, agar M2 va M4 hamda M3 va M5 massiv elementlari taqqoslanganda ularning bitta yoki bir nechta elementlari bir-biriga mos kelmasa.

4. Xato ma'lumotlarni aniqlash va tuzatish.

Agar qabul qilingan M1 matnli massiv elementlari xato qabul qilingan deb topilsa, bu etapda shu xato elementni yoki elementlarni izlab topish hamda ularni avtomatik ravishda tuzatish jarayoni boshlanadi.

Bu jarayon quyidagi tartibda kechadi:

1. Agar, uzatilayotgan M1 matnli massivda birorta element xatoga uchrab boshqa elementga aylangan bo'lsa (masalan, M1 massivning birinchi satri va 4-ustunidagi "o" harfi xato natijasida "t" harfiga o'zgargan bo'lsa, M1 va M4 massivlari taqqoslanganida 1-satrdagi "o" harifining soni bittaga kamayganligi va "t" harifining soni bittaga ko'payganligi kuzatiladi.

Bundan 1-satrdagi xato bo'lganligi, "o" harfi "t" harfiga o'zgarganligi aniqlanadi. Lekin bunda, hali shu satrdagi qaysi "o" harfi xatoga uchraganligi aniqlanmay qoladi.

2. Qaysi element xatoga uchraganligini aniqlash uchun esa M3 va M5 massiv elementlari taqqoslab ko'riladi. Bunda shu massivlarning 4-satridagi "o" hariflarining soni bittaga kamaygan hamda shu satrdagi "t" hariflarining soni bittaga ko'paygan bo'ladi.

Bulardan, aynan birinchi satrning 4-ustunida turgan "o" harfi xatoga uchrab "t" harfiga aylanib qolganligi aniqlanadi. Tabiiyki, shundan keyin bu aniqlangan xato "t" harfini "o" harfiga almashtirish orqali tuzatiladi.

Qabul qilingan M1 massivdagi ikki, uch va boshqa karrali xatolar ham shunday usullar yordamida nazorat qilinadi, aniqlanadi va tuzatiladi.

2.2. Ma'lumotlardagi raqamlarning statistikasini hisoblash orqali raqamli ma'lumotlarning ishonchliligini oshirish.

Ma'lumotlardagi raqamlarning statistikasini (ularning uzatilayotgan ma'lumotlarga uchrash sonini) hisoblash orqali raqamli ma'lumotlarning ishonchliligini oshiruvchi algoritm (**B algoritmi**) faqat raqamli ma'lumotlardagi xatolarni nazorat qilish, aniqlash va tuzatishga xizmat qiladi. Algoritmning xatolarni nazorat qilish, aniqlash va tuzatish qoidalari xuddi A algoritmdagidek.

Faqat bunda:

1. M1 massivning elementlari uzatilayotgan raqamlardan tashkil topgan bo'ladi (N1 massiv);
2. M2 massivning elementlari N1 massivning har bir satrida uchrovchi 0 dan 9 gacha bo'lgan raqamlarning sonidan tashkil topgan bo'ladi (N2 massiv)
3. M3 massivning elementlari esa N1 massivning har bir ustunida uchrovchi 0 dan 9 gacha bo'lgan raqamlarning sonidan tashkil topgan bo'ladi (N3 massiv);
4. N1, N2, N3 ma'lumotlar qabul qilinib kompyuter xotirasiga kiritilgan, xuddi A algoritmdagidek, lekin raqamlardan tashkil topgan N4 va N5 massivlari hosil qilinadi.
5. qabul qilingan N1 massivdagi xatolar ham xuddi A algoritmdagidek nazorat qilinadi, aniqlanadi va tuzatiladi.

2.3. Ma'lumotlardagi harf va raqamlarning statistikasini hisoblash orqali aralash ma'lumotlarning ishonchliligini oshirish.

Ma'lumotlardagi harf va raqamlarning statistikasini (ularning uzatilayotgan ma'lumotlarda uchrash sonini) hisoblash orqali aralash (matnli-raqamli) ma'lumotlarning ishonchliligini oshiruvchi algoritm (**C algoritmi**) aralash ma'lumotlardan (xarfli hamda raqamli ma'lumotlardan) tashkil topgan massivlardagi xatolarni nazorat qilish, aniqlash hamda tuzatishga xizmat qiladi. Bu algoritm A hamda B algoritmlarning birlashmasidan tashkil topgan algoritmdir:

1. Uzatilayotgan harf va raqamli ma'lumotlar ikki o'lchovli K1 massiv ko'rinishida ifodalanadi;
2. K2 massivning har bir satrida uchrovchi harflarning sonlaridan tashkil topgan M2 ga o'xshash K2, raqamlarning sonidan tashkil topgan N2 ga o'xshash K3 massivlar hisoblanadi;
3. K1 massivning har bir ustunida uchrovchi harflarning sonidan tashkil topgan M3 ga o'xshash K4 hamda raqamlar sonidan tashkil topgan N3 ga o'xshash K5 massivlari hosil qilinadi;
4. Shunday usullar bilan tashkil qilingan massivlar:
K1 – asosiy harf va raqamlardan tashkil topgan ikki o'lchovli massiv;
K2 – satrlardagi harflarning sonidan tashkil topgan massiv;
K3 – satrlardagi raqamlarning sonidan tashkil topgan massiv.
K4- uzatilayotgan K1 massivning ustunlarida uchraydigan harflarning sonlaridan tashkil topgan massiv.
- K5- uzatilayotgan K1 massivning ustunlarida uchraydigan raqamlarning sonlaridan tashkil topgan massivlar axborot tizimlaridagi iste'molchilarga uzatiladi.

5. Bu ma'lumotlar qabul qilib olingan, K1 massivning elementlari asosida A algoritmdagi M4 va M5 massivlarga o'xshash K6 va K7 massivlari o'xshash K8 va K9 massivlari hosil qilinadi:

6. Qabul qilingan K1, K2, K3, K4, K5 hamda hosil qilingan K6, K7, K8, K9 massiv elementlari taqqoslash orqali K1 massivning ishonchliligi nazorat qilinadi, ya'ni qabul qilingan K1 massiv elementlari

- to'g'ri qabul qilindi deyiladi, agar yuqoridagi nazorat qiluvchi massiv elementlari o'zaro taqqoslanganda ular o'zaro bir – biriga teng bo'lsa;

- to'g'ri qabul qilindi deyiladi, agar taqqoslash natijasida massivlarning hech bo'lmaganda bitta elementi bir – biriga mos kelmasa.

7. Agar nazorat natijasida qabul qilingan K1 massivning elementlari noto'g'ri qabul qilingan deb topilsa, bu xato elementlar nazorat qiluvchi massivlar yordamida izlab topildi va tuzatiladi. Ya'ni K1 massivning harfli ma'lumotlari A algoritmi asosida, raqamli ma'lumotlari esa B algoritmi asosida nazorat qilinadi.

Bu algoritmlarning ishlash qoidalarini umumiy ko'rinishda quyidagicha tavsiflash mumkin.

1. Axborot tizimlariga qayta ishlash uchun uzatiladigan ma'lumotlar yig'iladi, saralanadi va klaviatura yoki skaner orqali kompyuterga kiritiladi va so'ngra ular ma'lumot tashuvchilarga (magnit disklariga, magnit lentalariga, flesh-xotiralarga) o'tkaziladi va iste'molchilarga uzatiladi. Yoki to'g'ridan-to'g'ri aloqa kanallari orqali uzatiladi.

2. Nazorat qiluvchi algoritmgga ko'ra ma'lumotlar tayyorlanish jarayonida ikki o'lchovli massiv (M1 massiv) ko'rinishiga keltiriladi. Shu bilan birga shu massivning har bir satrida hamda ustuniga har bir belgilarning (harf yoki raqamlarning) paydo bo'lish sonlari hisoblanib boriladi. Natijada M1 massivning satrlarida belgining paydo bo'lish sonlaridan tashkil topgan M2 massiv hamda M1 massivning har bir ustunida belgilarning paydo bo'lish sonlaridan tashkil topgan M3 massivlar ham hosil bo'ladi;

3. Har bir uchala massiv elementlari axborot tizimlariga ulanadi hamda tanlangan usul bilan kompyuterning xotirasiga kiritiladi va saqlanadi.

4. Bu massivlarni qabul qilib kompyuter xotirasiga kiritish jarayonida algoritm qaytadan ishga tushiriladi va xuddi yuqoridagidek qabul qilingan M1 massivning elementlari asosida shu massivning har bir satri va ustunlarida paydo bo'lgan belgilarning sonidan tashkil topgan M4 va M5 massivlar hosil qilinadi.

5. Algoritmgga ko'ra uzatilgan M1 massivning elementlari to'g'ri qabul qilingan deyiladi, agar M2 massivning bir elementlari M4 massivning barcha elementlariga hamda M3 massivning barcha elementlari M5 massivning barcha elementlariga mos ravishda teng bo'lsa.

Agar bunday taqqoslash natijasida taqqoslanayotgan massivlarning mos elementlaridan biri bir-biriga teng bo'lmay qolsa, uzatilayotgan M1 massiv noto'g'ri qabul qilingan deyiladi.

Agar M1 massiv to'g'ri qabul qilingan bo'lsa, foydalanish uchun kompyuter xotirasiga yoziladi.

Agar u noto'g'ri qabul qilingan bo'lsa, algoritm bo'yicha shu xatolarni izlash va tuzatish jarayoni boshlanadi.

Bu jarayonlarning qanday borishi ishlab chiqilgan har bir algoritmda o'ziga xos bo'ladi, ular quyidagi bo'limlarda keltirilgan.

2.4. Ishlab chiqilgan algoritmlarning samaradorliklarini tadqiq qilish.

A, B va C algoritmlarning kamchiligi- nazorat qiluvchi massivlarning hosil qilish murakkab hisoblarni talab qilishi hamda ularning xotirada ma'lum miqdorda joy egallashidir:

- zamonaviy kompyuterlarning xotiradagi sig'implari juda katta ekanligini;
- zamonaviy kompyuterlar har qanday murakkab hisoblashlarni katta tezlikda amalga oshira olishlarini;
- nazorat qiluvchi bu massivlar vaqtincha ekanligini hisobga olsak bu kamchiliklar axborot tizimlarining ishlash sur'atiga uncha katta ta'sir qila olmasligi ko'rinadi. Ularning samaradorliklarini “nazoratga sarf qilinadigan vaqt” hamda “nazoratning murakkabligi” me'zonlari bilan baholashga hojat qolmaydi. Bu yerda yagona mezon-shu algoritmlarning xatolarining aniqlay olmay o'tkazib yuborish ehtimoli (xatolarning aniqlay olmaslik ehtimoli- P_n) bo'lishi mumkin.

Shu nuqtayi nazardan qaraganda, yuqoridagi algoritmlar quyidagi tipdagi xatolarni aniqlay oladi va tuzatadi:

- barcha bir karrali xatolarni;
- barcha ikki karrali xatolarni;
- o'rin almashib qolish ko'rinishidagi xatolarni;
- barcha uch karrali xatolarni;

Algoritmlar tomonidan quyidagi tipdagi xatolar esa aniqlanmay qolinadi.

A algoritmidagi:

1. Quyidagi ko'rinishdagi to'rt karrali xatolar:

Birorta satrdagi ixtiyoriy ustunlarda joylashgan ikkita belgi xatoga uchraydi (masalan, birinchi satrdagi uchinchi ustunda joylashgan "O" harfi "T" harfiga, beshinchi ustundagi "C" harfi "K" harfiga o'zgarib qoladi). Shu bilan birga boshqa satrning xuddi shu ustunlaridagi harflar ustida yuqoridagiga teskari bo'lgan xato yuz beradi (masalan, uchinchi satrning uchinchi ustunidagi "T" harfi "O" harfiga, beshinchi ustunidagi "K" harfi "C" harfiga o'zgaradi).

2. Birorta satrning yonma-yon ustunlaridagi harflar xato natijasida o'rin almashib qoladi (masalan, birinchi satrning uchinchi va to'rtinchi satrlaridagi "O" va "T" harflarning joyi almashadi, shu satrning beshinchi va oltinchi ustunlaridagi "C" hamda "K" harflarining o'rni almashadi):

$O \rightarrow T, C \rightarrow K.$

Shu bilan birga boshqa satrning xuddi shunday ustunlarida ham shunday, lekin teskari xato yuz beradi (masalan, beshinchi satrdagi uchinchi va to'rtinchi ustunlari "T" hamda "O" harflarining joyi almashadi. Shu bilan birga, beshinchi hamda oltinchi ustunlaridagi "K" hamda "C" harflarining ham joyi almashadi):

$"T" \rightarrow "O"$ va $"K" \rightarrow "C"$

Ana shu hollardagina nazorat qiluvchi massivlar bir – birlari bilan taqqoslanganda mos elementlari bir- biriga teng bo'ladi va natijada shunday xatolar algoritmlar tomonidan aniqlanmay qoladi.

B algoritmidagi:

Yuqoridagi ko‘rinishidagi xatolar raqamlar ustida ro‘y bergandagina ular algoritm tomonidan aniqlanmay qoladi.

C algoritmidagi:

A hamda B algoritmlarga xos xatolar birgalikda ro‘y bergandagina xatolar shu algoritm tomonidan aniqlanmay qoladi.

Yuqorida keltirilgan va har bir algoritmga xos bo‘lgan xatolarning yuzaga kelish ehtimollari algoritmlarning samaradorliklarini baholashga asosiy mezon bo‘lib xizmat qiladi. Bunday ehtimolliklar algoritmning “xatolarni aniqlay olmaslik ehtimoli ” deyiladi va P_n orqali belgilanadi.

1.1. – jadvalda har bir algoritm uchun P_n ehtimollikni hisoblash formulalari hamda ularning o‘rtacha qiymatlari keltirilgan. Bunda, quyidagi belgilashlardan foydalaniladi: 67-33 ta lotin grafikasidagi o‘zbek harflarining aniqlay olmaslik ko‘rinishidagi barcha kombinatsiyalar soni; L – uzatilayotgan $M1$ matnli massiv elementlarining umumiy soni ($L=m*n$); C_l^2-1 tadan 2 ta tanlab olingan kombinatsiyalar soni ; P – ma’lumotlarni yig‘ish, saralash hamda axborot tizimlariga uzatishda ularning xatoga uchrashlarining o‘rtacha ehtimoli ($P=3.4*10^{-3}$ xato / belgi); 18 – 10 ta raqamlarning algoritmlar tomonidan aniqlay olmaslik ko‘rinishidagi kombinatsiyalarning soni.

1.1 - jadval

No	Algoritm	Aniqlay olmaslik ehtimoli (P_n)	Ehtimollikning o‘rtacha qiymati(10^{-6} xato/belgi)	Izoh
1	A algoritm	$P_n(A) = [67C_l^2 P^2 (1-P)^2 - C_l^4 P^4 (1-P)^4]^2 \frac{1}{l-1}$	$3.2*10^{-6}$	Harflar lotin grafikasidagi o‘zbek alfavitida
2	B algoritm	$P_n(B) = [18C_l^2 P^2 (1-P)^2 C_{10}^4 - C_l^4 P^4 (1-P)^4 C_{10}^4]^2 \frac{1}{l-1}$	$1.5*10^{-6}$	Sonlar 0 dan 9 gacha olingan
3	C algoritm	$P_n(C) = [P_n(A) + P_n(B) + P_n(A)P_n(B)]^2 \frac{1}{l-1}$	$0.2*10^{-6}$	Harflar lotin grafikasidagi o‘zbek alfavitida,sa nlar esa 0 dan 9 gacha

Xulosa

Ma’lumotlardagi xatoliklarni statistik chastotalarni hisoblash asosida aniqlash va tuzatish imkonini beruvchi algoritmik yondashuvlar ishlab chiqildi. Taklif etilgan A, B va C algoritmlar matnli, raqamli hamda aralash (harf va raqamlar) ma’lumotlarda yuzaga keladigan xatolarni aniqlash va tuzatishda yuqori samaradorlikka ega.

A algoritm matnli ma’lumotlar ustida ishlaydi va harflarning qator va ustunlar bo‘yicha uchrash chastotalarini tahlil qilish orqali xatoliklarni aniqlaydi. B algoritm esa raqamli ma’lumotlar uchun analogik tarzda ishlaydi. C algoritm esa ushbu ikki

algoritmnining kombinatsiyasi bo‘lib, aralash ma’lumotlar ustida ishlashga mo‘ljallangan. Har uchala algoritm nazorat qiluvchi massivlar (M1–M5 yoki K1–K9) orqali real vaqt rejimida axborot oqimidagi o‘zgarishlarni aniqlash va tahlil qilish imkonini beradi:

– barcha bir karrali, ikki karrali va uch karrali xatolarni aniqlash va tuzatish qobiliyatiga ega;

– o‘rin almashish asosidagi xatolarni aniqlay oladi;

– aniqlanmay qoladigan holatlar ehtimoli juda past ($P_n < 0.2 \cdot 10^{-6}$);

– zamonaviy kompyuterlarning tezkorligi va xotira sig‘imi hisobga olinganida, bu algoritmlar amaliy tizimlarda samarali qo‘llanishi mumkin.

Shuningdek, algoritmlarning aniqlay olmaydigan ayrim murakkab xato holatlari ham aniqlanib, ularning ehtimoli va shartlari tahlil qilindi.

Ishlab chiqilgan statistik asoslangan algoritmlar ma’lumotlar ishonchligini oshirish, axborot xavfsizligini ta’minlash va uzatilayotgan ma’lumotlarning aniqligini nazorat qilishda yuqori amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar:

A. T. R. Rosa, I. V. Pustokhina, E. L. Lydia, K. Shankar, and M. Huda, “Concept of electronic document management system (EDMS) as an efficient tool for storing document,” *Journal of Critical Reviews*, vol. 6, no. 5, pp. 85–90, 2019, doi: 10.22159/jcr.06.05.14.

1. M.P. Bobyleva, “Management of documentary communications and information resources of an organization conceptual approaches,” *Problems of management theory and practice*, No. 5, 2011, pp. 116-126.

2. M.Yu. Monakhov, I.I. Semenova, D.A. Polyansky, and Yu.M. Monakhov, “Features of the environment for ensuring information reliability in information and telecommunication systems,” *Fundamental Research*. No. 9, 2014.

3. N.V. Keldysh, “Ensuring a given level of security when solving functional problems of departmental electronic document management,” *Scientific and technical collection of Research Institute of Technology*, No. 4, 2013, pp. 118-123.

4. C.B. Bessonov, *Optimization of electronic document management in corporate systems: Dis. . Ph.D. econ. Sci. Moscow*. 2001. 187 p.

5. N.F. Makhmadiyarovich and Y.Sherzodjon, “Methods of increasing data reliability based on distributed and parallel technologies based on blockchain,” *Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security Volume 2*. 2023, pp. 637 – 642.

6. I.I. Jumanov, and Kh.B. Karshiev, “Mechanisms for optimization of detection and correction of text errors based on combining multilevel morphological analysis with n-gram models,” *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, 1546(1), 012082.

7. J. Isroil, and K. Khusan, “Increasing the reliability of full text documents based on the use of mechanisms for extraction of statistical and semantic links of elements,” *Int. Conf. on Inf. Science and Comm. Tech., ICISCT 2020*, 2020, 9351397.

8. J. Isroil, and K. Khusan, “Optimization of transmission and processing of information of electronic documents based on parallel computing technology,” *Proc.*

of Int. Conf. on Technological Advancements in Computational Sciences, ICTACS 2022, 2022, pp. 618–624.

9. A.A. Rustamovich, N. Mekhridin, N. Fayzullo, and M. Sabharwal, “Intelligent system of labor market regulation based on the evolutionary modeling of employment,” Proc. - 2022 4th Int. Conf. on Advances in Computing, Comm. Control and Networking, ICAC3N 2022, 2022, pp. 2534–2539, doi: 10.1109/ICAC3N56670.2022.10074149.

10. H. Zaynidinov, L. Xuramov, and D. Khodjaeva, “Intelligent algorithms of digital processing of biomedical images in wavelet methods,” Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security, Proc. of the Int. Conf. on Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security, ICABCS 2023, vol. 2, 2024, pp. 648–653.

11. I.I. Jumanov, Kh.B Karshiev, and S.A. Tishlikov, “Examination of the efficiency of algorithms for increasing the reliability of information on criteria of harness and the cost of processing electronic documents,” Int. Journal of Recent Tech. and Engineering (IJRTE), vol. 8, iss. 2S11, 2019, ISSN: 2277-3878.

12. A.R. Akhatov., F. Nazarov, and A. Rashidov Mechanisms of information reliability in big data and blockchain technologies” ICISCT 2021, 3-5.11, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670052

A. Akhatov, F. Nazarov, and A. Rashidov, “Increasing data reliability by using bigdata parallelization mechanisms,” ICISCT 2021: Applications, Trends and Opportunities, 3-5.11.2021, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670387.

13. M. Nurmamatov, and Z. Kulmirzayeva, “Development of an intelligent system for optimization of employment information using genetic algorithms,” AIP Conf. Proc. vol. 3147(1), 2024, 040006, doi: 10.1063/5.0210279.

14. F. M. Nazarov and S. Yarmatov, “Optimization of prediction results based on ensemble methods of machine learning,” 2023 Int. Russian Smart Industry Conf., Sochi, Russia, 2023, pp. 181-185, doi: 10.1109/SmartIndustryCon57312.2023.10110726.

15. Ney H. and Kneser R. “Improved clustering techniques for class-based statistical language modelling,” In European Conf. on Speech Comm. and Tech. (Eurospeech), 1993. pages 973–976, Berlin.

16. Kemal Oflazer, Sergei Nirenburg and Marjorie McSchane, “Bootstrapping morphological analyzers by combining human elicitation and machine learning,” Computational Linguistics, vol. 27, No. 1, 2001, pp. 59-85.

17. Dilek Hakkani-Tür, Kemal Oflazer, and Gökhan Tür, “Statistical morphological disambiguation for agglutinative languages,” In Proc. of the 18th Int. Conf. on Computational Linguistics (COLING 2000), August, 2000.

18. I.I Jumanov, and Kh.B. Karshiev, “Methods for increasing the reliability of information with mechanisms for using specific characteristics and textural features of electronic documents,” Uzbek journal “Problems of Informatics and Energy”, Publishing House “Fan” of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. - Tashkent, No. 2, 2019, pp. 44-51.