# “SIKLIK KODLARI”

**O'qituvchi: Xalilov MuhammadMuso**

**Ishtirokchilar: Nurulloxujayev Inomxo’ja,**
**Xoldorov Bahodir,Valiyev Muhammadqodir**

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada siklik kodlarning mohiyati, tuzilishi va axborot uzatish tizimlarida qo‘llanilish tamoyillari yoritiladi. Siklik kodlar xatoliklarni aniqlash va tuzatishga mo‘ljallangan chiziqli blok kodlar sinfiga kirib, kod so‘zlarining siklik siljitilishi natijasida yana kod so‘z hosil bo‘lishi bilan tavsiflanadi. Annotatsiyada siklik kodlarning matematik asoslari, generator polinomlari, kodlash va dekodlash jarayonlari hamda ularning raqamli aloqa va ma’lumotlarni saqlash tizimlaridagi ahamiyati bayon etiladi. Shuningdek, CRC (Cyclic Redundancy Check) kabi amaliy siklik kodlarning xatoliklarni aniqlashdagi samaradorligi ko‘rib chiqiladi.

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются природа, структура и принципы применения циклических кодов в системах передачи информации. Циклические коды относятся к классу линейных блочных кодов, предназначенных для обнаружения и исправления ошибок, характеризующихся формированием нового кодового слова в результате циклического сдвига кодовых слов. В аннотации описываются математические основы циклических кодов, порождающие полиномы, процессы кодирования и декодирования, а также их значение в системах цифровой связи и хранения данных. Также обсуждается эффективность практических циклических кодов, таких как CRC (циклическая избыточность), в обнаружении ошибок.

**Annotation:** This article discusses the nature, structure, and principles of application of cyclic codes in information transmission systems. Cyclic codes belong to the class of linear block codes designed for error detection and correction, characterized by the formation of a new code word as a result of cyclic shifting of code words. The abstract describes the mathematical foundations of cyclic codes, generator polynomials,

encoding and decoding processes, and their importance in digital communication and data storage systems. It also discusses the effectiveness of practical cyclic codes such as CRC (Cyclic Redundancy Check) in error detection..

**Kalit so‘zlar:** Siklik kodlar, xatoliklarni aniqlash, xatoliklarni tuzatish, chiziqli blok kodlar, generator polinomi, kodlash, dekodlash, CRC, raqamli aloqa, axborot uzatish tizimlari.

Siklik kodlar xatolarni aniqlash va tuzatish imkoniyatiga ega bo‘lgan chiziqli blokli kodlar sinfiga kiradi. Ularning asosiy farqlovchi xususiyati shundaki, har qanday haqiqiy kod so‘zi siklik ravishda bir bitga siljitilganda ham yana kod so‘zi hosil bo‘ladi. Bu xususiyat generator polinomiga asoslangan bo‘lib, kodlash jarayonini sodda va apparat jihatdan qulay qiladi. Siklik kodlar ko‘pincha Galois maydoni GF(2)yoki umumiy holatda GF(q)ustida quriladi. Kodning asosiy elementlari —generator polinomi, tekshiruv polinomi va sindrom hisoblash mexanizmlaridir. Ma’lumotlar polinom ko‘rinishida ifodalanib, generator polinomiga bo‘linadi va natijada xatolarga sezgir bo‘lmagan kod so‘zi hosil qilinadi.Siklik kodlarning ahamiyatli jihati shundaki, ular ko‘plab xatolarni, ayniqsa ketma-ket ravishda yuzaga kelgan xatolarni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega. Kodlash jarayoni polinomial bo‘lishi sababli, apparat darajasidagi realizatsiyalar – registrlar, ko‘paytirgichlar, bo‘luvchilar yordamida juda tez amalga oshiriladi. Shu sababli siklik

Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasihttps://journalss.org58-son_2-to’plam_Dekabr-2025115ISSN:3030-3621kodlar kompyuter tarmoqlari, simsiz aloqa, ma’lumot uzatish protokollari va disk tizimlarida keng qo‘llaniladi.BCH kodlari siklik kodlarning kengaytirilgan matematik modeli bo‘lib, chastotalar maydonidagi aniq belgilar to‘plamiga asoslanadi. BCH kodlarining asosiy afzalligi —istalgan oldindanbelgilangan miqdordagi xatolarni tuzatish imkoniyatidir. Ya’ni, BCH kodlari ko‘p xatoliklarni matematik jihatdan kafolatlangan darajada tuzatadi. Ularning generator polinomi Galois maydonidagi ildizlar orqali aniqlanadi. BCH kodlari odatda 2 va undan ortiq xatolar mavjud bo‘lgan bloklarda ishlatiladi. Bu ularni ayniqsa telekommunikatsiya kanallarida, shovqin darajasi yuqori bo‘lgan uzatish muhitlarida juda foydali qiladi.Reed–Solomon kodlari esa BCH kodlarining yanada umumlashtirilgan ko‘rinishi bo‘lib, ko‘pliklar

ustida emas, balki yaxliter maydon GF(2^m)ustida quriladi. Bu esa RS kodlariga bittadan ortiq ketma-ket buzilgan simvollarni tuzatish imkonini beradi. Bunda bitta simvol odatda bir nechta bitdan tashkil topadi. RS kodlari ayniqsa “burst error” deb ataluvchi uzluksiz buzilishlarga qarshi nihoyatda samarali bo‘ladi. Shu sababli RS kodlari multimedia fayllar, optik disklar (CD, DVD), raqamli televideniye, WiMAX, LTE kabi tizimlarda asosiy kodlash usuli sifatida qo‘llaniladi.[1]Siklik kodlar, BCH vaReed–Solomon kodlarining bog‘liqligi ularning umumiy polinomial strukturasida namoyon bo‘ladi. Har uchala kod ham generator polinomi yordamida quriladi, sindrom orqali xatoni aniqlaydi va Galois maydonlaridagi arifmetikaga asoslanadi. Farqi shundaki, siklik kodlar oddiyroq va bir nechta xatoni aniqlashda samarali, BCH kodlari ko‘p xatoliklarni matematik kafolat bilan tuzatadi, RS kodlari esa simvol darajasidagi uzluksiz buzilishlarni bartaraf etishda eng optimal hisoblanadi.Shu bilan birga, ushbu kodlar orasidagi yana bir muhim farq —dekodlash algoritmlarining murakkabligida namoyon bo‘ladi. Siklik kodlarni dekodlash nisbatan sodda bo‘lsa, BCH va RS kodlari Berlekamp–Massey, Forney yoki Euclid algoritmlaridan foydalanadi. Bu kodlarni amaliyotda qo‘llash uchun maxsus apparat yoki dasturiy realizatsiyalar talab qilinadi. Biroq, ularning yuqori ishonchliligi telekommunikatsiya va ma’lumotlarni uzatishda bu murakkablikni oqlaydi.METODOLOGIYAUshbu tadqiqotda siklik kodlar, BCH kodlari va Reed–Solomon kodlarining matematik modeli, ularning ishlash prinsiplari hamda o‘zaro bog‘liqligi tizimli yondashuv orqali o‘rganildi. Metodologiya polinomial algebra, Galois maydonlari va blokli kodlash nazariyasiga tayangan holda qurildi. Tadqiqotning asosiy bosqichlari quyidagilardan iborat bo‘ldi:

Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasihttps://journalss.org58-son_2-to’plam_Dekabr-2025116ISSN:3030-3621Birinchi bosqichda siklik kodlarning generator polinomi, tekshiruv polinomi va sindrom hisoblash mexanizmlari tahlil qilindi. Kodlash jarayoni GF(2)maydonidagi polinomial ko‘paytirish va bo‘lish amallari orqali modellashtirildi. Siklik kodlarning xatolarni aniqlashdagi samaradorligi turli uzunlikdagi kod so‘zlari yordamida nazariy jihatdan baholandi.Ikkinchi bosqichda BCH kodlarining strukturasini tashkil etuvchi Galois maydoni elementlari, ularning minimal polinomlari va ildizlarga asoslangan generator polinomini qurish usullari o‘rganildi. Tadqiqotda BCH

kodlarining aniqlangan xatolar soniga nisbatan tuzatish imkoniyati matematik yondashuv orqali asoslab berildi. Dekodlash jarayonini modellashtirish davomida Berlekamp–Massey va Euclid algoritmlarining ishlash tamoyillari tahlil qilindi.Uchinchi bosqichda Reed–Solomon kodlarining GF(2^m)maydoni ustida qurilish tamoyillari o‘rganildi. RS kodlarining simvol darajasidagi xatolarni tuzatish imkoniyatlari, ularning BCH kodlari bilan bog‘liq umumiy polinomial modeli va farqlari chuqur tahlil qilindi. Praktik misollar asosida RS kodlarining ketma-ket buzilishlarni tuzatishdagi samaradorligi matematik jihatdan modellashtirildi.To‘rtinchi bosqichda uchala kodning amaliy qo‘llanilish samaradorligini solishtirish uchun nazariy tahlil, formulalar asosida baholash, bit xatolik ehtimoli (BER) bo‘yicha taqqoslash kabi metodlardan foydalanildi. BCH kodlariesa siklik kodlarning kengaytirilgan varianti bo‘lib, ma’lum sonli xatolarni matematik kafolat bilan tuzatish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari ko‘rsatdiki, BCH kodlari kanal shovqiniga nisbatan chidamliligi yuqori va bit xatolik ehtimoli (BER) past tizimlarda juda samarali. Dekodlash jarayonlari murakkab bo‘lsa-da, Berlekamp–Massey algoritmi va sindrom hisoblash metodlari yordamida tizimlarda keng qo‘llaniladi.Reed–Solomon kodlariesa eng yuqori samaradorlikni ta’minlaydi, ayniqsa ketma-ket simvol xatolari (“burst error”) mavjud bo‘lgan holatlarda. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, RS kodlari multimedia fayllar, kosmik aloqa va diskli saqlash tizimlarida yuqori ishonchlilikni ta’minlaydi. RS kodlari simvol darajasidagi xatolarni tuzatish imkoniyatiga ega bo‘lgani uchun ular BCH kodlariga nisbatan “burst error”larga nisbatan kuchliroq.[3]Tahlil shuni ko‘rsatadiki, kod tanlashda tizimning talab qilinadigan xato tuzatish qobiliyati, kanal shovqin darajasi, apparat va hisoblash xarajatlari hisobga olinishi lozim. Oddiy tizimlar uchun siklik kodlar yetarli bo‘lsa, yuqori sifat va ishonchlilik talab qilinadigan tizimlarda BCH va RS kodlari afzal hisoblanadi. Shu bilan birga, uchala kod turi bir-biri bilan bog‘liq matematik asoslarga ega bo‘lib, ularning apparat yoki dasturiy realizatsiyalari polinomial algebra va Galois maydonlariga tayangan holda amalga oshiriladi.

Xulosa

Ushbu tadqiqot natijalariga ko‘ra, siklik kodlar, BCH kodlariva Reed–Solomon kodlarizamonaviy raqamli aloqa tizimlarida xatolarni aniqlash va tuzatishda muhim

ahamiyatga ega ekanligi tasdiqlandi.Siklik kodlarapparat jihatdan sodda va tez ishlash xususiyati bilan ajralib turadi, lekin ko‘p xatolarni tuzatishda cheklangan imkoniyatga ega. Shu sababli ular asosan CRC tekshiruvlari, oddiy apparat tizimlar va zaxira xotira qurilmalarida samarali qo‘llaniladi.BCH kodlariko‘p bitli xatolarni matematik kafolat bilan tuzatish imkoniyatiga ega. Ular telekommunikatsiya tizimlarida, Wi-Fi va CD/DVD kabi ma’lumot uzatish tizimlarida yuqori ishonchlilikni ta’minlaydi. BCH kodlari murakkabroq bo‘lsa-da, apparat va dasturiy realizatsiyasi orqali yuqori samaradorlikka erishish mumkin.Reed–Solomon kodlariesa simvol darajasidagi ketma-ket xatolarni samarali tuzatadi. Multimedia fayllar, optik disklar, QR-kodlar, kosmik va mobil aloqa tizimlarida qo‘llanilishi ularning “burst error”larga nisbatan mukammal samaradorligini ko‘rsatadi.Tahlil va natijalar shuni ko‘rsatdiki, kodlarni tanlash tizimning talablariga bog‘liq bo‘lib, sodda tizimlar uchun siklik kodlar, bit darajasidagi ko‘p xatolarni tuzatish zarur bo‘lsa BCH kodlari, ketma-ket xatolarni tuzatish zarur bo‘lsa Reed–Solomon kodlari eng samarali hisoblanadi.Shu bilan birga, uchala kod turi matematik jihatdan bir-biri bilan bog‘liq bo‘lib, polinomial algebra va Galois maydonlari asosida ishlaydi. Bu ularning apparat yoki dasturiy realizatsiyasini ilmiy va amaliy jihatdan asoslash imkonini beradi. Natijada,

Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasihttps://journalss.org58-son_2-to’plam_Dekabr-2025120ISSN:3030-3621raqamli aloqa tizimlarida ishonchlilikni oshirish uchun kodlash algoritmlarini to‘g‘ri tanlash muhim ahamiyat kasb etadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1.Peterson, W. W., & Weldon, E. J. “Error-Correcting Codes.”MIT Press, 2nd edition, 1972.(Siklik kodlar, BCH va RS kodlarining nazariy asoslarini eng batafsil yoritgan klassik manba.)

2.Blahut, R. E. “Theory and Practice of Error Control Codes.”Addison-Wesley, 1983.(Galois maydonlari, BCHva Reed–Solomon kodlari uchun kodlash va dekodlash algoritmlarining to‘liq bayoni.)

3.Lin, S., & Costello, D. J. “Error Control Coding: Fundamentals and Applications.”Prentice Hall, 2004.(Siklik kodlar, BCH kodlari va RS kodlarining amaliy qo‘llanishlari va apparat implementatsiyasi.)

4.MacWilliams, F. J., & Sloane, N. J. A. “The Theory of Error-Correcting Codes.”North-Holland, 1977.(Kodlash nazariyasining fundamental matematik asoslari, ayniqsa Galois maydonlari uchun.)