

Дәріс 2. Шартты энтропия және өзара ақпарат. Ақпарат мөлшерін өлшеудің негізгі тәсілдері

Дәріс жоспары.

- 1. Кодтаудың мақсаты мен міндеттері**
- 2. Позициялық кодтау**
- 3. Грей кодының қолдануы**

Кодтаудың мақсаты мен міндеттері

Кодтаудың мақсаты - ақпаратты код түрінде ұсыну, оның міндеттері: деректерді берудің сенімділігін қамтамасыз ету, ақпаратты сығымдау және өңдеуді жеңілдету. Позициялық кодтау - бұл цифрдың мәні оның сандағы орнына байланысты болатын жүйе. Сұр код - бір мәннен екіншісіне ауысқанда тек бір бит өзгертін код түрі, бұл аналогтық сигналдарды цифрлыққа түрлендіру кезінде қателерді азайтады. Кодтаудың мақсаты мен міндеттері.

Мақсаты: Техникалық құралдарды қолдана отырып, ақпаратты беру, өңдеу және сақтау үшін ыңғайлы түрде ұсыну.

Тапсырмалар: Сенімділік: Тарату кезінде қателіктердің ықтималдығын азайту (мысалы, артық кодтарды пайдалану).

Сығымдау: Байланыс арналарының орнын және өткізу қабілетін үнемдеу үшін деректер көлемін азайту (мысалы, энтропия кодтауын пайдалану кезінде).

Жеңілдету: Іздеу, сұрыптау және есептеулер сияқты операциялардың өнімділігін оңтайландыру. Позициялық кодтау принципі: Әрбір цифрдың салмағы (мәні) оның сандағы орнымен анықталады. Позиция сандық жүйенің негізінің дәрежесін цифрдың мәніне көбейтілгенде анықтайды.

Сұр код принципі: Бірінен соң бірі келетін код мәндері бір-бірінен тек бір санмен ерекшеленеді, яғни бір код сөзінен екіншісіне ауысқанда тек бір сан өзгереді.

Артықшылықтары: Қателерді азайту: Деректерді оқудағы қателерді азайтады, мысалы, аналогты-цифрлық түрлендіргіштерді (ADC) пайдаланған кезде, дәлсіздіктер дұрыс емес мәнді оқуға әкелуі мүмкін. Қолданылуы: Сенсорларда, басқару жүйелерінде және көршілес күйлер арасындағы ауысулар кезінде қателерді азайту маңызды болатын басқа мәселелерді шешу үшін қолданылады.

Позициялық кодтау

Трансформатор модельдері табиғи тілді өңдеу (NLP) саласында төңкеріс жасап, мәтін сияқты тізбекті деректерді тиімдірек және тиімдірек өңдеуге мүмкіндік берді. Трансформатор модельдерінің негізгі жаңалықтарының бірі - позициялық кодтау тұжырымдамасы. Бұл механизм сөйлемдегі сөз ретін анықтаудың ішкі мәселесін шешеді, бұл тілдің семантикасы мен синтаксистік құрылымын түсіну үшін өте маңызды.

Позициялық кодтаудың қажеттілігі

Рекурренттік нейрондық желілер (RNN) және ұзақ қысқа мерзімді жад (LSTM) желілері сияқты дәстүрлі тізбекті модельдер деректерді табиғи түрде тізбекті түрде өңдейді, сөз ретін өзіндік түрде ұстайтын ішкі күйді сақтайды. Дегенмен, Васвани және т.б. жазған «Назар аудару - сізге тек қажет» атты негізгі мақалада ұсынылған Трансформатор модельдері сөз ретін білмей, өзіне-өзі назар аудару деп аталатын механизмге толығымен сүйенеді. Өзіне-өзі назар аудару модельге сөйлемдегі әртүрлі сөздердің бір-біріне қатысты маңыздылығын өлшеуге мүмкіндік береді, бірақ ол кірісті реттілік емес, жиынтық ретінде қарастырады, реттілік ұғымы жоқ.

Позициялық кодтау сөздің орналасу ақпаратын енгізу көріністеріне енгізу үшін енгізіледі, бұл модельге сөз ретін ажыратуға мүмкіндік береді. Мұндай механизм болмаса, түрлендіргіш тілдің тізбекті сипатын көрсете алмайды, нәтижесінде сөз ретіне тәуелді тапсырмаларды, мысалы, талдау, машиналық аударма және сезім талдауын орындау айтарлықтай төмендейді.

Позициялық кодтау қалай жұмыс істейді

Позициялық кодтау әрбір сөзді енгізуге бірегей позициялық векторды қосуды қамтиды. Бұл векторлар әрбір сөздің тізбектегі орнын көрсетуге арналған. Бұл векторларды жасаудың ең көп қолданылатын әдісі әртүрлі жиіліктегі синус және косинус функцияларына негізделген. Бұл тәсіл әрбір позицияның бірегей кодталуын және бұл кодтаулардың жаттығу кезінде байқалғаннан гөрі ұзын тізбектерге жалпылана алатынын қамтамасыз етеді.

Позициялық кодтаудың қасиеттері мен артықшылықтары

1. Бірегейлік: Тізбектегі әрбір позицияның бірегей кодтауы бар, бұл модельге әртүрлі позицияларды ажыратуға мүмкіндік береді.

2. Жазықтық: Синус және косинус функцияларының үздіксіз сипаты позициядағы шағын өзгерістер кодтауда шағын өзгерістерге әкелетінін білдіреді, бұл модельге позициялық қатынастарды үйренуге көмектеседі.

3. Жалпылау: Периодтық сипаты модельге ұзын тізбектерге экстраполяция жасауға мүмкіндік береді, себебі посттың позициялық кодталуын кез келген пост үшін есептеуге болады.

Мысал

«Мысық кілем үстінде отырды» деген сөйлемді қарастырайық. Трансформатор моделінде бұл сөйлемдегі әрбір сөз енгізу векторымен көрсетіледі. Позициялық кодтау векторлары модельге сөз реті туралы ақпарат беру үшін осы енгізулерге қосылады. Мысалы, бірінші сөзге, «The», позициялық кодтау оның енгізуіне қосылуы мүмкін, ал екінші сөзге, «cat», басқа позициялық кодтау оның енгізуіне қосылады және т.б. Бұл процесс трансформаторға жеке сөз енгізулері ұқсас болуы мүмкін болса да, «Cat» сөзінің «The Cat» сөзінен өзгеше екенін түсінуге көмектеседі.

Трансформатор архитектурасына әсері

Позициялық кодтауды енгізу трансформаторларға RNN немесе LSTM-ге қарағанда ұзақ қашықтықтағы тәуелділіктерді тиімдірек өңдеуге мүмкіндік береді. Өзін-өзі бақылау және позициялық кодтауды қолдана отырып,

трансформаторлар сөйлемдегі барлық сөздерді тізбектей емес, бір уақытта өңдей алады, бұл олардың контекст пен алыстағы сөздер арасындағы қатынастарды анықтау мүмкіндігін жақсартады. Бұл мүмкіндік, әсіресе, машиналық аударма сияқты тапсырмаларда пайдалы, мұнда ұзын сөйлемдегі сөздің контекстін түсіну дәл аудару үшін маңызды.

Вариациялар мен баламалар

Синус-косинус позициялық кодтау ең көп таралған тәсіл болғанымен, басқа әдістер де зерттелген. Мысалы, кейбір трансформатор архитектураларында позициялық векторлар параметрлер ретінде қарастырылатын және оқыту кезінде үйренілген позициялық кодтаулар қолданылған. Бұл тәсіл модельге берілген тапсырма үшін оңтайлы позициялық кодтауларды үйренуге мүмкіндік береді, бұл өнімділікті жақсартуы мүмкін.

Грей кодының қолдануы

Грей коды - екілік код, ол айна коды немесе шағылысу коды деп те аталады, онда екі «көршілес» (реттелген, яғни лексикографиялық жиынтықта) код комбинациялары тек бір екілік сандағы санмен ғана ерекшеленетін болады. Басқаша айтқанда, көршілес код комбинациялары арасындағы Хамминг қашықтығы 1-ге тең.

Ең көп қолданылатын екілік Грей коды - рефлексивті екілік Грей коды, дегенмен жалпы алғанда, әртүрлі алфавиттерден алынған сандармен сандық мәндері бар шексіз Грей кодтары бар. Көп жағдайда «Сұр код» термині рефлексивті екілік Грей кодын білдіреді.

Бастапқыда электромеханикалық қосқыштардың жалған жұмысынан қорғау үшін жасалған Грей кодтары қазір байланыс жүйелеріндегі қателерді анықтау мен түзетуді жеңілдету үшін, сондай-ақ басқару жүйелерінде кері байланыс сигналдарын генерациялау үшін кеңінен қолданылады.

Сұр код «рефлексивті» деп аталады, себебі қайта реттелгенде мәндердің бірінші жартысы ең маңызды биттен басқа екінші жартысына тең болады. Ең маңызды бит жай ғана инверсияланған. Бұл қасиет әрбір жаңа жартыны екіге бөлген кезде сақталады.

Код Bell Labs компаниясында жұмыс істеген зерттеуші Фрэнк Грейдің есімімен аталған. Грей оны патенттеді (патент № 2632058) және оны алғаш рет өзінің импульстік байланыс жүйесінде қолданды.

Сұр код сағат сигналы болмаған кезде өзгеретін сандық сигналдарды беру үшін қолданылады (мысалы, көптеген сенсор түрлерінде). Кодтың (кәдімгі екілік код) 3-тен 4-ке немесе 0112-ден 1002-ге секіретінін елестетіп көрейік. Егер оқу құралының жетілмегендігіне байланысты бірінші битті 011-ден, ал қалған екеуін 100-ден оқысақ, $0002 = 0$ аламыз — бұл нақты мәндерден әлдеқайда алыс сан. Сұр код ешқандай қосымша мәндерді қамтымайды: секіру бір санды болады, $010G \rightarrow 110G$, және біз ескі $010G = 3$ немесе жаңа $110G = 4$ деп оқимыз.

Егер оқу құралы соншалықты баяу болса, оқу кезінде көрсеткіштер бірнеше рет өзгерсе, сұр код қатенің аз болатынына — нақты сигнал өзгерісінен аз болатынына кепілдік береді. Мысалы, егер оқу кезінде

көрсеткіш $010G=3$ -тен $110G=5$ -ке өзгерсе, онда осы үш мәннен басқа, сіз $011G=2$ -ні де ала аласыз — бір бірлік қателік.

Егер сенсор айналмалы болса (мысалы, бұрыштық кодтаушы), ол максимумнан нөлге секіруі керек. Бұл секіріс ($100G=7$ -ден $000G=0$ -ге дейін) бір санды да өзгертеді.

Сұр кодтар көбінесе энкодер сенсорларында қолданылады. Олар ыңғайлы, себебі екі көршілес сигнал мәндері тек бір санмен ерекшеленеді. Олар сондай-ақ қатты дискілердегі трек нөмірлерін кодтау үшін де қолданылады.

Сұр кодтар Ханой мұнаралары мәселесін шешу үшін де пайдаланылуы мүмкін.

Сұр кодтар генетикалық алгоритм теориясында бүтін сандармен көрсетілген генетикалық белгілерді кодтау үшін де кеңінен қолданылады.

Сұр кодтар айналмалы есік әдісін қолдана отырып, комбинацияларды жасау үшін қолданылады[1].

Кейбір компьютерлік ойындарда (мысалы, Duke Nukem 3D), деңгейді сәтті аяқтау үшін ауыстырғыштардың дұрыс комбинациясын таңдау қажет. Ешқандай кеңестер жоқ; сіз жай ғана барлық комбинацияларды қолданып көресіз. Опцияларды қолданып көргенде ауыстырғыштар санын азайту үшін сұр кодтарды пайдаланыңыз. Мысалы, егер үш ауыстырғыш болса, біз оларды 000, 001, 011, 010, 110 ретімен қолданып көреміз...

Синхрондау сигналын қажет ететін күрделі сенсорлар сұр кодты тастап, стандартты екілік жүйеде жұмыс істейді[2-5].

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

Қожахметов Б.Е., Әбілқасымов Е.Т. *Ақпарат теориясының негіздері*. – Алматы: ҚазҰТЗУ, 2019. – 120 б.

Әбдіқадыров Қ., Нұртазаев А. *Сандық техника негіздері*. – Алматы: Эверо, 2020. – 156 б.

Stallings W. *Data and Computer Communications*. – 10th ed. – Pearson Education, 2014.

Таненбаум Э. *Компьютерные сети*. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2021. – 912 с.

Mano M.M., Ciletti M.D. *Digital Design: With an Introduction to the Verilog HDL, VHDL, and SystemVerilog*. – 6th ed. – Pearson, 2018.