2 -Дәріс

Моделдердің практикалық қолданылуы

Дәрістің мақсаты

Студенттерді нейрондық желілердің классикалық архитектураларымен (перцептрон, Хэмминг желісі, рекуррентік және Хопфилд желілері) таныстыру және оларды бейнелерді (үлгілерді) тану мен ассоциативті жады есептерін шешуде практикалық қолдану дағдыларын қалыптастыру.

Оқу нәтижелері

Дәрісті меңгеру нәтижесінде студенттер:

- **Түсінеді:** Екі кірісті (\(R=2\)) перцептронның математикалық моделін, шешім қабылдау шекарасын және оның үлгілерді жіктеудегі жұмыс принципін.
- **Ажырата алады:** Тура таралу желілері (перцептрон, Хэмминг желісі) мен кері байланысы бар рекуррентік желілердің (Хопфилд желісі) құрылымдық ерекшеліктерін.
- **Қолдана алады:** Үлгілерді тану, бұрмаланған (шулы) деректерді қалпына келтіру және ассоциативті жадыны ұйымдастыру міндеттеріне сәйкес келетін нейрондық желі моделін таңдай алады.

Перцептрондар. Екі кірісті перцептрон ($R=2$)

- **Перцептрон моделі:** Бір қабатты перцептрон кіріс сигналдарының салмақты қосындысын есептеп, оған ығысу (bias, b) мәнін қосады және шектік (hardlim) белсендіру функциясы арқылы шығыс мәнін (0 немесе 1) қалыптастырады: $a = \text{hardlim}(Wp + b)$.

- **Екі кірісті ($R=2$) перцептронның геометриялық мағынасы:** Екі кіріс (p_1, p_2) болған жағдайда, перцептрон екі өлшемді кеңістікті (p_1, p_2 жазықтығын) түзу сызық арқылы екі аймаққа бөледі. Бұл сызық **шешім қабылдау шекарасы** ($w_{1,1}p_1 + w_{1,2}p_2 + b = 0$) деп аталады. Салмақ векторы W осы шекараға әрқашан перпендикуляр бағытталады.

Үлгіні тану мысалы

- **Міндеттің қойылымы:** Екі өлшемді белгілер кеңістігінде берілген нысандарды (мысалы, пішіні мен салмағы бойынша «алма» және «апельсин» бейнелерін) екі класқа жіктеу.

- **Шешу алгоритмі:** Эталондық үлгілер үшін кіріс векторлары анықталады, бөлуші түзудің теңдеуі құрылады және соған сәйкес салмақ коэффициенттері (W) мен ығысу (b) таңдалады. Жаңа белгісіз үлгі түскенде, перцептрон оның қай кластың аймағына жататынын автоматты түрде анықтайды.

Хэмминг желілері (Hamming Network)

- **Құрылымы мен мақсаты:** Хэмминг желісі бинарлық (екілік, \(-1\) және \(1\) мәндерінен тұратын) векторларды тануға және шулы үлгілерді эталондық бейнелермен сәйкестендіруге арналған. Ол екі қабаттан тұрады:

  - *Бірінші қабат (тура таралу қабаты):* Кіріс векторы мен әрбір эталондық үлгі арасындағы **Хэмминг қашықтығын** (сәйкес келмейтін биттер санын) бағалайды.

  - *Екінші қабат (бәсекелес қабат / Maxnet):* Бұл рекуррентті қабат, онда нейрондар өзара бәсекелесе отырып, эталонға ең жақын (ең үлкен шығыс мәні бар) бір ғана «жеңімпаз» нейронды қалдырады, ал қалғандарын нөлге түсіреді.

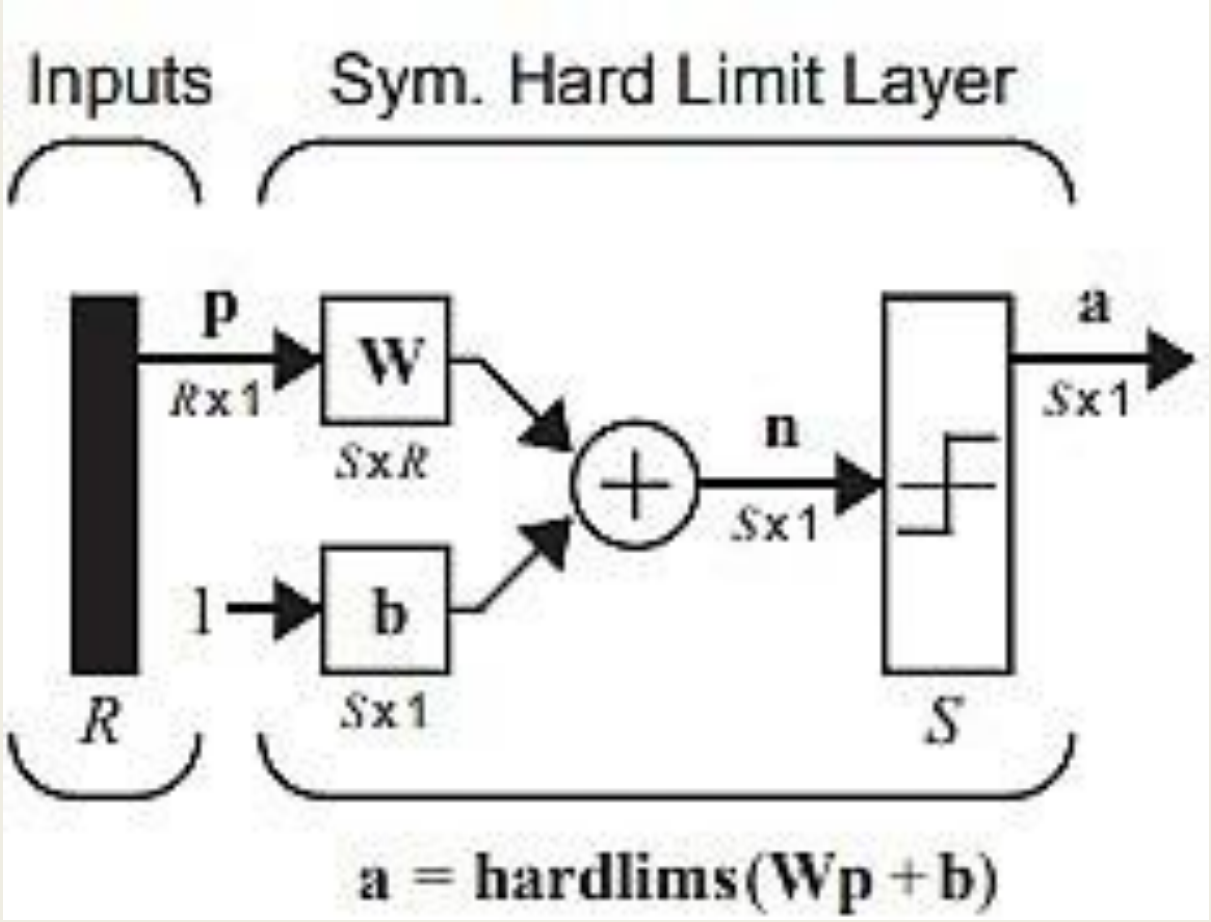
Рекурренттік желілер (Recurrent Neural Networks)

- **Негізгі ерекшелігі:** Тек тура байланыстары бар желілерден айырмашылығы, рекурренттік желілерде кері байланыстар болады — яғни, нейрондардың шығыс сигналдары белгілі бір уақыт кідірісімен қайтадан кіріске беріледі.
- **Динамикалық жүйе:** Мұндай желілердің күйі уақыт бойынша өзгеріп отырады және желі тұрақты тепе-теңдік күйіне жеткенше итерациялық түрде жаңартылады. Олар тізбекті деректерді өңдеуде және жадыны модельдеуде кеңінен қолданылады.

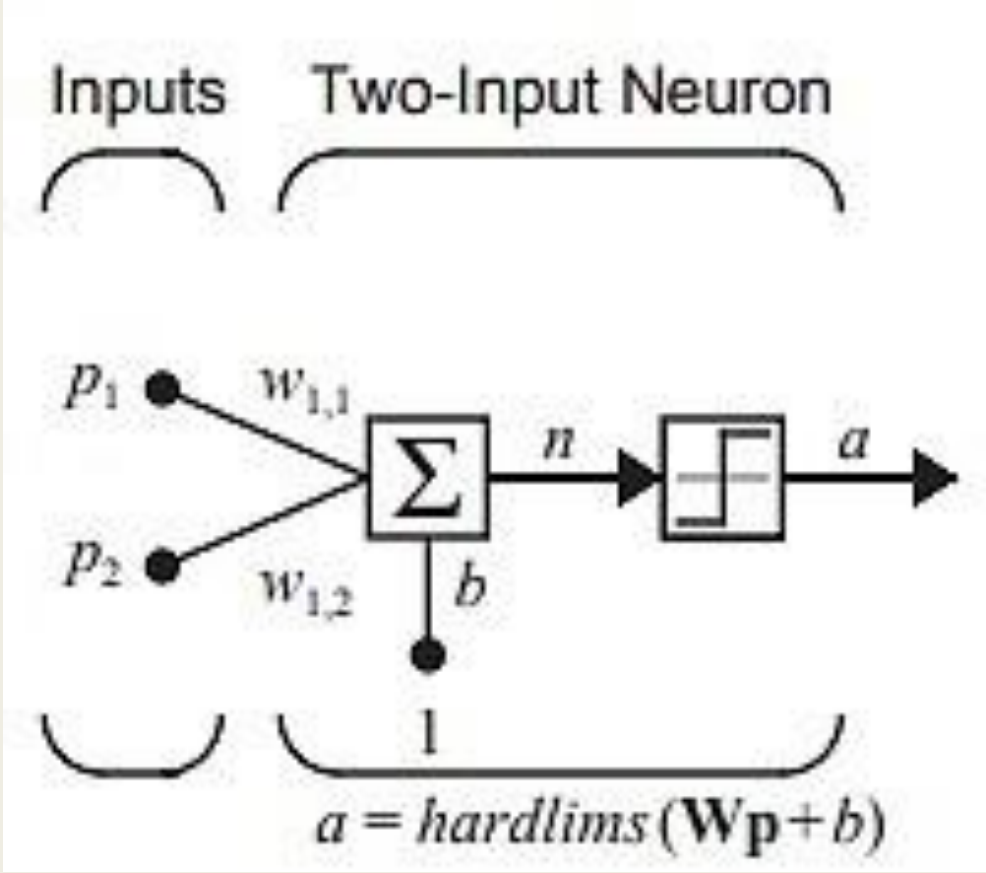
Хопфильд желілері (Hopfield Network)

- **Ассоциативті жады моделі:** 1982 жылы Джон Хопфильд ұсынған бұл желі толық байланысты симметриялы рекурренттік желі болып табылады (әрбір нейрон өзінен басқа барлық нейрондармен байланысқан, \(w_{ij} = w_{ji}\)).
- **Жұмыс істеу принципі:** Хопфильд желісі **автоассоциативті жады** рөлін атқарады. Эталондық үлгілер желінің салмақ матрицасында энергия функциясының локальды минимумдары (аттракторлар) ретінде сақталады. Желіге бұрмаланған немесе толық емес бейне берілгенде, желі күйі біртіндеп өзгеріп, ең жақын сақталған эталондық үлгіге «құлайды» (бастапқы таза бейнені қалпына келтіреді).

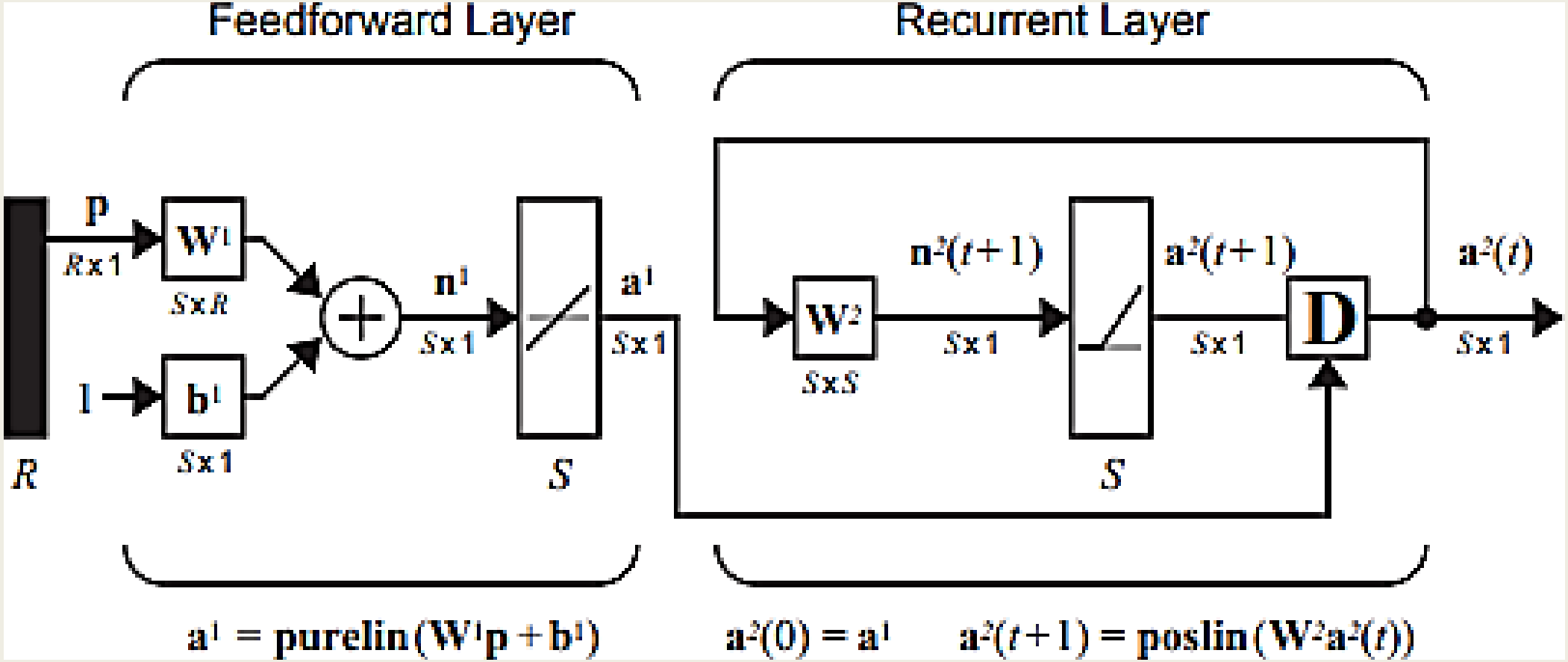
Перцептрондар



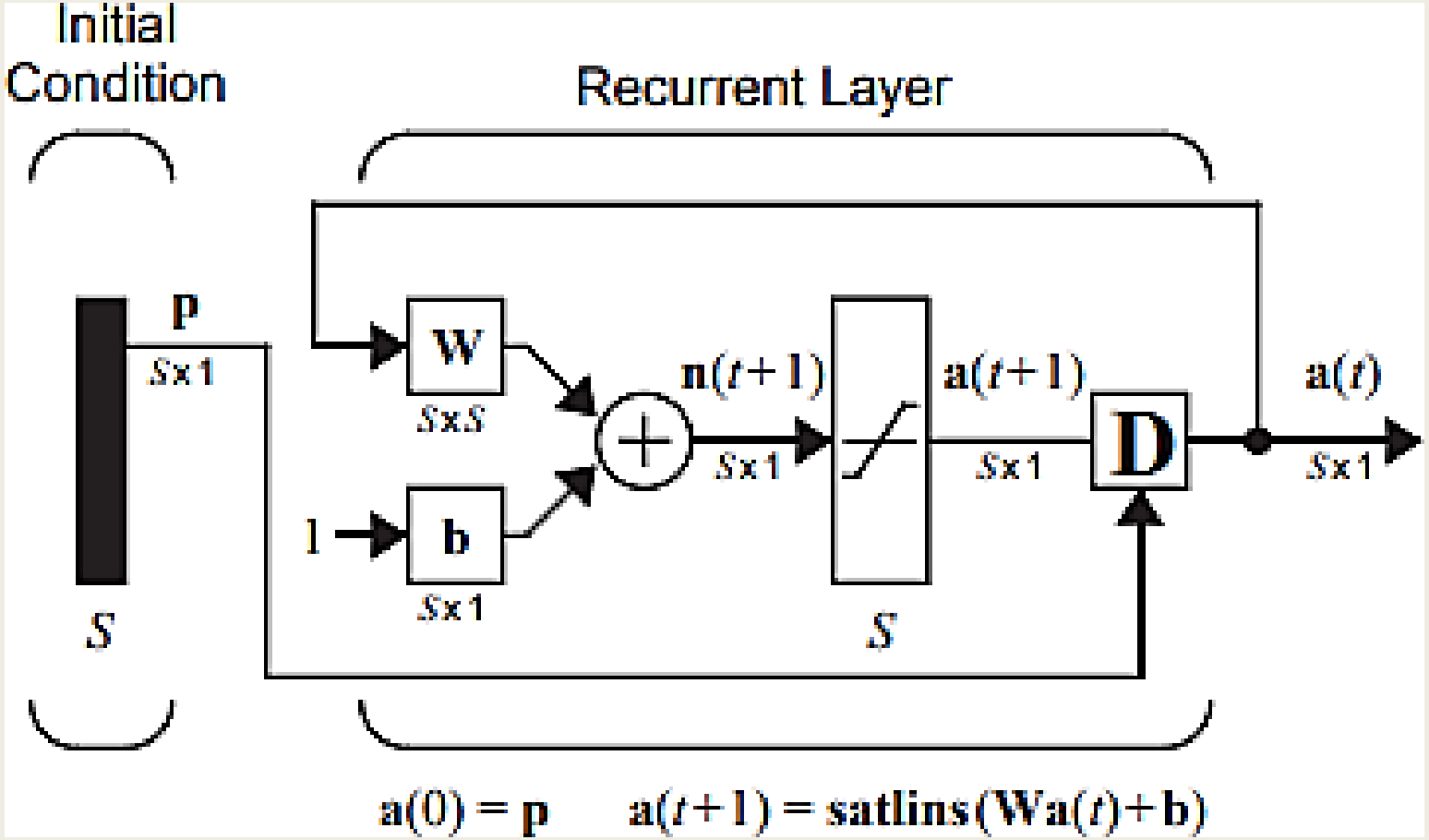
R=2, екі кірісті перцептрон



Хэмминг желілері



Хопфильд желілері



Қорытынды

Бұл дәрісте нейрондық желілердің классикалық модельдерін практикалық есептерде, атап айтқанда үлгілерді тану мен қалпына келтіруде қолдану тетіктері қарастырылды. Екі кірісті перцептрон мысалында нейрондық желінің белгілер кеңістігін сызықтық шекара арқылы кластарға бөлу принципі көрсетілді. Сонымен қатар күрделірек тану және шудан тазарту міндеттерін шешуге арналған Хэмминг желісі мен рекуррентік Хопфильд желісінің жұмыс логикасы талданды.

Аталған модельдерді меңгеру заманауи терең оқыту архитектураларының (RNN, LSTM, ассоциативті жады жүйелері) іргетасын түсінуге және нақты қолданбалы есептің ерекшелігіне қарай (сызықтық жіктеу, эталонмен салыстыру немесе бүлінген деректі қалпына келтіру) оңтайлы нейрондық желі құрылымын таңдауға мүмкіндік береді.

Өзін-өзі бағалау сұрақтары

1. **Екі кірісті перцептрон:** \(R=2\) перцептронының математикалық теңдеуін жазыңыз. Екі өлшемді жазықтықтағы «шешім қабылдау шекарасы» дегеніміз не және салмақ векторы \(W\) оған қалай орналасады?

2. **Перцептронның шектеулері:** Перцептрон қандай жағдайда екі кластың үлгілерін қатесіз ажырата алады (сызықтық бөлінушілік ұғымы)?

3. **Хэмминг желісі:** Хэмминг желісі неше қабаттан тұрады және әр қабат қандай қызмет атқарады? «Хэмминг қашықтығы» ұғымына анықтама беріңіз.

4. **Рекуррентті байланыс:** Рекуррентті нейрондық желілердің тура таралу желілерінен (feedforward) басты құрылымдық айырмашылығы неде?

5. **Хопфильд желісі:** Хопфильд желісі неліктен «ассоциативті жады» деп аталады? Шулы немесе жартылай өшірілген бейнені қалпына келтіру процесі қалай жүреді?

6. **Салыстырмалы талдау:** Хэмминг желісі мен Хопфильд желісінің ұқсастықтары мен айырмашылықтарын атаңыз (қандай деректер типімен жұмыс істейді, шешім қабылдау жылдамдығы мен сыйымдылығы қандай?).

Әдебиеттер тізімі

1. **Хейган М. Т., Демут Х. Б., Бил М. Х., Де Хесус О.** Нейронные сети. Дизайн и применение (Neural Network Design). — М.: ДМК Пресс, 2021. — 800 с. *(Екі кірісті перцептрон \(R=2\), «алма мен апельсин» тану мысалы, Хэмминг және Хопфильд желілері бойынша негізгі базалық оқулық).*

2. **Хайкин С.** Нейронные сети: полный курс. — 2-е изд. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2018. — 1104 с. *(Бірқабатты перцептрондар және Хопфильдтің рекурренттік ассоциативті жады теориясы).*

3. **Осовский С.** Нейронные сети для обработки информации. — М.: Финансы и статистика, 2017. — 448 с. *(Хэмминг желілері, бәсекелес қабаттар және рекурренттік модельдер).*

4. **Уоссермен Ф.** Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. — М.: Мир, 2016. — 240 с. *(Хопфильд желісінің энергия функциясы мен бейнелерді қалпына келтіру алгоритмдері).*

5. **Бейсембекова Р. Н., Әбдірахманова Ж. Б.** Жасанды интеллект және нейрондық желілер негіздері: Оқу құралы. — Алматы: Қазақ университеті, 2021. — 184 б. *(Қазақ тіліндегі үлгілерді тану және нейрондық желі модельдері).*