

№ 4 Дәріс. Динамикалық программалау

Дәрістің мақсаты:

Студенттерге динамикалық программалаудың (Dynamic Programming, DP) негізгі идеяларын, принциптерін және оны шешім қабылдау, оңтайландыру және машиналық оқыту салаларындағы қолданылуын түсіндіру.

Кілт сөздер:

динамикалық программалау, оңтайландыру, рекурсия, күй, шешім қабылдау, нықталандырумен оқыту, күй мәні, әрекет мәні, саясат (policy).

Дәріс жоспары:

1. Динамикалық программалаудың мәні мен негізгі идеясы
2. Қайталанатын есептер және рекурсивті шешім ұғымы
3. Беллман принципі және тиімділік идеясы
4. Күйлер мен шешімдердің байланысы
5. Нақты қолдану салалары
6. Нықталандырумен оқытудағы рөлі
7. Қорытынды

1. Кіріспе

Динамикалық программалау – бұл күрделі есептерді шешудің тиімді тәсілдерінің бірі. Оның басты мақсаты – үлкен есепті бірнеше ұсақ, өзара байланысты кіші есептерге бөліп, әрқайсысын бір рет шешіп, нәтижелерін есте сақтау арқылы жалпы шешімді табу. Бұл тәсіл қайталанатын есептер мен оңтайландыру мәселелерін шешуде ерекше тиімді.

Көптеген практикалық міндеттер – мысалы, маршрутты таңдау, ресурстарды бөлу, шығынды азайту, немесе пайданы көбейту сияқты мәселелер – дәл осы динамикалық программалаудың көмегімен тиімді шешіледі. Динамикалық программалау тұжырымдамасын алғаш рет американдық ғалым Ричард Беллман ұсынған. Ол бұл әдісті шешім қабылдау процесін формальды сипаттауға және тиімді шешімді табуға бағыттады.

2. Динамикалық программалаудың негізгі идеясы

Динамикалық программалаудың негізінде “бөліп шешу және нәтижені сақтау” қағидасы жатыр. Егер үлкен есеп бірнеше кіші есептерге бөлінсе, ал бұл кіші есептердің шешімдері бір-біріне тәуелді болса, онда олардың шешімдерін қайта есептемей, сақтап қою арқылы уақытты және ресурсты үнемдеуге болады.

Бұл тәсілдің мәні – әрбір күй үшін ең жақсы шешімді табу және сол шешімді келесі қадамдарда пайдалану. Осылайша, есеп біртіндеп оңтайлы нәтижеге жақындайды.

3. Беллман принципі және тиімділік идеясы

Беллман ұсынған “оптималдылық принципі” (principle of optimality) динамикалық программалаудың негізі болып табылады. Бұл принцип

бойынша, егер белгілі бір есептің шешімі оңтайлы болса, онда оның ішкі есептерінің шешімдері де оңтайлы болуы тиіс.

Яғни, қазіргі таңда қабылданған шешім болашақтағы шешімдерге әсер етіп, жалпы тиімділікке әкелуі керек. Осы қағида машиналық оқыту мен нықталандырумен оқытуда агенттің әрекеттерін жоспарлауда жиі қолданылады.

4. Күйлер мен шешімдердің байланысы

Динамикалық программалауда күй (state) және шешім (decision) ұғымдары маңызды рөл атқарады. Күй жүйенің ағымдағы жағдайын сипаттайды, ал шешім – осы күйде қандай әрекет жасалатынын анықтайды. Әрбір қадамда агент немесе алгоритм келесі күйге өтеді. Осы өтулер тізбегі нәтижесінде ең жақсы (оңтайлы) шешім табылады.

Бұл тәсілдің артықшылығы – барлық ықтимал шешімдерді бірден есептемей, тек тиімді бағыттарды қарастыру.

5. Қолдану салалары

Динамикалық программалау көптеген салаларда қолданылады:

- Экономикада – ресурстарды бөлу мен шығынды азайту;
- Информатикада – графтардағы ең қысқа жолды табу, мәтіндердегі сәйкестікті іздеу, деректерді сығу алгоритмдері;
- Инженерияда – жүйелердің басқару процестерін оңтайландыру;
- Биологияда – генетикалық тізбектерді салыстыру;
- Машиналық оқытуда – нықталандырумен оқытудағы мән функцияларын есептеу.

Мысалы, робот қозғалысының бағытын жоспарлау кезінде динамикалық программалау роботқа ең қысқа әрі қауіпсіз жолды таңдауға мүмкіндік береді.

6. Нықталандырумен оқытудағы рөлі

Нықталандырумен оқытуда (reinforcement learning) агенттің мақсаты – ортада әрекет ете отырып, ұзақ мерзімді марапатты (reward) барынша арттыру. Мұнда динамикалық программалау әдістері агенттің күй мен әрекет мәндерін бағалау үшін қолданылады.

Яғни, агенттің әрбір күйде не істеуі тиімді екенін анықтау үшін ол динамикалық программалау қағидаларына сүйенеді. Бұл тәсіл машиналық оқытудағы саясатты жетілдіру мен тәжірибе негізінде үйрену процестерінің математикалық базасын құрайды.

7. Қорытынды

Динамикалық программалау – күрделі есептерді жүйелі түрде шешуге арналған қуатты әдіс. Ол шешім қабылдау процесін құрылымдап, әрбір аралық нәтижені тиімді пайдалану арқылы есептеу ресурстарын үнемдеуге мүмкіндік береді.

Қазіргі таңда бұл әдіс тек теориялық емес, сонымен қатар қолданбалы ғылымдарда да кеңінен қолданылады: робототехника, экономикалық модельдеу, табиғи тілді өңдеу, логистика және жасанды интеллект жүйелерінде.

Динамикалық программалау тәсілі адам ойлауындағы логикалық жоспарлау мен тиімділік іздеу принциптерін математикалық түрде бейнелейді. Сондықтан ол — жасанды интеллекттің негізгі іргетастарының бірі болып саналады.

Бақылау сұрақтары

1. Динамикалық программалау дегеніміз не және ол қандай мақсатта қолданылады?
2. Бұл әдісті басқа оңтайландыру тәсілдерінен айырмашылығы неде?
3. Беллман принципі нені білдіреді және ол не үшін маңызды?
4. Күй (state) және шешім (decision) ұғымдарын түсіндіріңіз.
5. Динамикалық программалаудың негізгі кезеңдері қандай?
6. Қандай есептерді динамикалық программалау әдісі арқылы тиімді шешуге болады?
7. “Кіші есептерді сақтау” (memoization) тәсілі қандай артықшылық береді?
8. Динамикалық программалау рекурсиямен қалай байланысты?
9. Бұл әдіс нықталандырумен оқытуда қандай рөл атқарады?
10. Беллман принципі машиналық оқытудағы саясатты жақсартуға қалай әсер етеді?
11. Динамикалық программалау қандай нақты өмірлік мысалдарда қолданылады?
12. Бұл әдістің негізгі шектеулері мен қиындықтары қандай?
13. Күй және әрекет мәндерін есептеу не үшін қажет?
14. Оңтайлылық қағидасы нені білдіреді?
15. Динамикалық программалау мен күшейтумен оқыту арасындағы байланыс неде?

Практикалық тапсырмалар

1. Теориялық талдау
 - «Динамикалық программалау» әдісінің маңызын сипаттап, оның классикалық қолдану салаларына мысал келтіріңіз (мысалы: қысқа жолды табу, ресурстарды бөлу, робот қозғалысын жоспарлау).
 - 1–2 бет көлемінде эссе түрінде жазу.
2. Талдау тапсырмасы

Берілген мысалдарға сүйене отырып, келесі сұрақтарға жауап беріңіз:

 - Егер есеп бірнеше кезеңнен тұрса, әр кезеңде неге шешім қабылдау керек?
 - Әрбір шешім келесі кезеңге қалай әсер етеді?
 - Беллман принципі бойынша есептің ішкі кезеңдері қандай байланыста болады?
3. Қолданбалы тапсырма (ойша модельдеу)

Мысалы, су ресурстарын басқару немесе көлік қозғалысын оңтайландыру есептерін елестетіп көріңіз.

 - Осы есепті динамикалық программалау тұрғысынан сипаттаңыз.

- Күйлер мен шешімдерді анықтап жазыңыз.
- Әр күйден келесі күйге өту логикасын сипаттаңыз.

4. Рефлексиялық тапсырма

Келесі сұрақтарға шағын эссе түрінде жауап беріңіз:

- Неліктен динамикалық программалау жасанды интеллекттің маңызды бөлігі болып табылады?
- Бұл әдісті өз ғылыми немесе кәсіби саланызда қалай қолдануға болады?

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Sutton R. S., Barto A. G. *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press, 2018.
2. Bellman R. *Dynamic Programming*. Princeton University Press, 1957.
3. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson, 2020.
4. Kaelbling L. P., Littman M. L., Moore A. W. *Reinforcement Learning: A Survey*. Journal of Artificial Intelligence Research, 1996.
5. Bertsekas D. *Dynamic Programming and Optimal Control*. Athena Scientific, 2017.