

VILNIAUS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ SISTEMŲ STUDIJŲ PROGRAMA

Srautinio apdorojimo sistemų balansavimas taikant mašininį mokymąsi

Balancing stream processing systems using machine learning

Mokslo tiriamasis darbas II

Atliko:	Vytautas Žilinas	(parašas)
Darbo vadovas:	Partn. doc. Andrius Adamonis	(parašas)
Recenzentas:	Prof. dr. Aistis Raudys	(parašas)

Vilnius – 2021

TURINYS

ĮVADAS	3
1. SRAUTINIO APDOROJIMO SISTEMŲ BALANSAVIMO ALGORITMAS	6
2. ALTERNATYVUS SPRENDIMAI	7
2.1. Standartinė konfigūracija	7
2.2. Balansavimas naudojant Adapted REINFORCE algoritmą	7
IŠVADOS	8
LITERATŪRA	9

Įvadas

Realaus laiko duomenų apdorojimas (angl. real-time data processing) yra jau senai nagrinėjamas kaip vienas iš būdų apdoroti didelių kiekių duomenis (angl. Big data). Vienas iš realaus laiko apdorojimo sprendimų yra srautinis duomenų apdorojimas. Srautinis duomenų apdorojimas (angl. stream processing) – lygiagrečių programų kūrimo modelis, pasireiškiantis sintaksiškai sujungiant nuoseklius skaičiavimo komponentus srautais, kad kiekvienas komponentas galėtų skaičiuoti savarankiškai [Bea15].

Yra keli pagrindiniai srautinio apdorojimo varikliai: „Apache Storm“, „Apache Spark“, „Heron“ ir kiti. „Apache Storm“ ir „Heron“ apdoroja duomenis duomenų srautais, o „Apache Spark“ mikro–paketais [KKW⁺15]. „Heron“ srautinio apdorojimo variklis, buvo išleistas „Twitter“ įmonės 2016 metais kaip patobulinta alternatyva „Apache Storm“ srautinio apdorojimo varikliui [Ram16]. Šiame darbe bus naudojamas „Heron“, kadangi tai yra naujesnis ir greitesnis srautinio apdorojimo variklis nei „Apache Storm“ [KBF⁺15].

Srautinio apdorojimo sistemų balansavimas (angl. auto-tuning) – tai sistemos konfigūracijos valdymas siekiant užtikrinti geriausią resursų išnaudojimą – duomenų apdorojimas neprarandant greičio, bet ir naudojant tik reikiamą kiekį resursų. Kadangi srautinio apdorojimo sistemų komponentai yra kuriami kaip lygiagretus skaičiavimo elementai, todėl jie gali būti plečiami horizontaliai ir vertikalčiai [Bea15] keičiant sistemų konfigūraciją. Tačiau lygiagrečių elementų kiekio keitimas nėra vienintelis būdas optimizuoti resursų išnaudojimą. Kiekvienas variklis turi savo rinkinį konfigūruojamų elementų. Darbe naudojamas „Heron“ variklis leidžia optimizuoti sistemas naudojant 56 konfigūruojamus parametrus [Her19].

Yra skirtingi būdai kaip gali būti parenkama tinkama konfigūracija. Kadangi dar nėra naudojimui paruoštų sprendimų, kurie galėtų balansuoti srautinio apdorojimo sistemas savarankiškai, dažniausiai už tai yra atsakingi inžinieriai, kurie dirba su šiomis sistemomis. Kadangi srautinio apdorojimo sistemų apkrovos gali būti skirtingų pobūdžių (duomenų kiekis, skaičiavimų sudėtingumas, nereguliari apkrova), o inžinieriai konfigūruodami išbando tik kelis derinius ir pasirenka labiausiai tinkanti [FA17], lieka labai daug skirtingų neišbandytų konfigūracijos variacijų. Optimalios konfigūracijos suradimas yra NP sudėtingumo problema [SSP04], kadangi žmonėms yra sunku suvokti didelį kiekį konfigūracijos variacijų. Vienas iš būdų automatiškai valdyti konfigūraciją buvo pasiūlytas 2017 metų straipsnyje „Dhalion: self-regulating stream processing in heron“, kuriame autoriai aprašo savo sukurtą sprendimą „Dhalion“, kuris konfigūruoja „Heron“ srautinio apdorojimo sistemas pagal esamą apkrovą ir turimus resursus, t.y. jei apdorojimo elementų iš-

naudojimas išauga >100%, „Dhalion“ padidina lygiagrečiai dirbančių apdorojimo elementų kiekį [FAG⁺17]. Tačiau šis sprendimas leidžia reguliuoti tik elementų lygiagretumą ir tai daro tik reaktyviai. Vienas iš naujausių būdų balansuoti srautinio apdorojimo sistemas – mašininis mokymasis. Vienas iš tokių bandymų aprašytas 2018 metų straipsnyje „Auto-tuning Distributed Stream Processing Systems using Reinforcement Learning“, kuriame atliktas tyrimas – „Apache Spark“ sistemos balansavimui naudojamas skatinamojo mokymo REINFORCE algoritmas, kuris, pagal dabartinę konfigūraciją ir renkamas metrikas, keitė srautinio apdorojimo sistemos konfigūracijos parametrus. Šiame tyrime nustatyta, jog sprendimas, naudojantis mašininį mokymąsi, suranda optimalesnę konfigūraciją per trumpesnę laiką nei žmonės ir taip pat surastą konfigūraciją naudojančios srautinio apdorojimo sistemos vėlinimas (angl. latency) yra 60–70% mažesnis nei tyrimo metu ekspertų derinamos konfigūracijos [VC18]. Šiame darbe naudojamas „Heron“ variklis leidžia prisijungti sukurtą išorinę metrikų surinkimo programą, kuri gali rinkti tokias sistemų metrikas kaip: naudojama RAM atmintis, CPU apkrova, komponentų paralelizmas ir kitas, kurios gali būti naudojamos balansavimui.

Skatinamasis mokymasis yra vienas iš mašininio mokymosi tipų. Šis mokymasis skiriasi nuo kitų, nes nereikia turėti duomenų apmokymui, o programos mokosi darydamos bandymus ir klysdamos. Pagrindinis uždavinys naudojant skatinamąjį mokymąsi – surasti balansą tarp naujų sprendimų tyrinėjimo (angl. exploration) ir turimos informacijos išnaudojimo (angl. exploitation) [JOA10]. Vienas iš pagrindinių privalumų naudojant skatinamąjį mokymąsi balansavimui – nereikia turėti išankstinių duomenų apmokymui kas leidžia jį paprasčiau pritaikyti skirtingoms srautinio apdorojimo sistemų apkrovoms. Tačiau tokio tipo mašininis mokymasis turi ir problemų: sudėtinga aprašyti tinkamos konfigūracijos apdovanojimo (angl. reward) funkciją ir balansą tarp tyrinėjimo ir išnaudojimo tam, kad nebūtų patiriami nuostoliai [FA17].

Yra sukurta daug skatinamojo mokymosi algoritmų (Monte Carl, Q-learning, Deep Q Network ir kiti), šiame darbe jie bus apžvelgti ir vienas iš jų bus pasirinktas ir pritaikytas išsikeltam uždaviniui.

Numatomas magistro darbo tikslas: Ištirti mašininio mokymosi tinkamumą srautinio apdorojimo sistemų balansavimui.

Numatomi magistro darbo uždaviniai:

1. Sudaryti srautinio apdorojimo sistemų balansavimo modelį ir nustatyti valdymo metrikas ir jų siekiamas reikšmes, kurios bus naudojamos eksperimentinėje sistemoje.
2. Parinkti skatinamojo mokymosi algoritmą eksperimentui, atsirenkant iš algoritmų, aprašomų literatūroje.

3. Sukurti eksperimentinį sprendimą su pasirinktu algoritmu ir atlikti eksperimentus.
4. Palyginti eksperimento rezultatus su alternatyvomis - „Heron“ su standartine konfigūracija, „Heron“ su „Dhalion“ priedu bei „Heron“ balansavimas pritaikius REINFORCE algoritimą.

Šio darbo tikslas ir uždaviniai

Tikslas: apibrėžti darbo metodą ir sukurti bei pagrįsti algoritimą, kuris bus naudojamas eksperimentui.

Uždaviniai:

1. Apibrėžti algoritimą srautinio apdorojimo sistemų balansavimui naudojami Deep Q Network ir Actor-Critic skatinamojo mokymosi algoritmus.
2. Apibrėžti eksperimento eigą ir alternatyvius sprendimus, kurių rezultatai bus naudojami algortimo įvertinimui.

1. Srautinio apdorojimo sistemų balansavimo algoritmas

2. Alternatyvus sprendimai

2.1. Standartinė konfigūracija

2.2. Balansavimas naudojant Adapted REINFORCE algoritmą

Išvados

Literatūra

- [Bea15] Jonathan Beard. A short intro to stream processing. <http://www.jonathanbeard.io/blog/2015/09/19/streaming-and-dataflow.html>, 2015-09.
- [FA17] Avrielia Floratou ir Ashvin Agrawal. Self-regulating streaming systems: challenges and opportunities. *Proceedings of the International Workshop on Real-Time Business Intelligence and Analytics, BIRTE '17*, 1:1–1:5, Munich, Germany. ACM, 2017. ISBN: 978-1-4503-5425-7. DOI: 10.1145/3129292.3129295. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/3129292.3129295>.
- [FAG⁺17] Avrielia Floratou, Ashvin Agrawal, Bill Graham, Sriram Rao ir Karthik Ramasamy. Dhalion: self-regulating stream processing in heron. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 10:1825–1836, 2017-08. DOI: 10.14778/3137765.3137786.
- [Her19] Heron. Heron documentation on cluster configuration. <http://heron.incubator.apache.org/docs/cluster-config-overview/>, 2019.
- [JOA10] Thomas Jaksch, Ronald Ortner ir Peter Auer. Near-optimal regret bounds for reinforcement learning. *J. Mach. Learn. Res.*, 11:1563–1600, 2010-08. ISSN: 1532-4435. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1756006.1859902>.
- [KBF⁺15] Sanjeev Kulkarni, Nikunj Bhagat, Maosong Fu, Vikas Kedigehalli, Christopher Kellogg, Sailesh Mittal, Jignesh M. Patel, Karthik Ramasamy ir Siddarth Taneja. Twitter heron: stream processing at scale. *Proceedings of the 2015 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, SIGMOD '15*, p. 239–250, Melbourne, Victoria, Australia. ACM, 2015. ISBN: 978-1-4503-2758-9. DOI: 10.1145/2723372.2742788. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2723372.2742788>.
- [KKW⁺15] Holden Karau, Andy Konwinski, Patrick Wendell ir Matei Zaharia. *Learning spark: lightning-fast big data analysis.* ” O’Reilly Media, Inc.”, 2015.
- [Ram16] Karthik Ramasamy. Open sourcing twitter heron, 2016.
- [SSP04] David G. Sullivan, Margo I. Seltzer ir Avi Pfeffer. Using probabilistic reasoning to automate software tuning. *SIGMETRICS Perform. Eval. Rev.*, 32(1):404–405, 2004-06. ISSN: 0163-5999. DOI: 10.1145/1012888.1005739. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1012888.1005739>.

- [VC18] Luis M. Vaquero ir Felix Cuadrado. Auto-tuning distributed stream processing systems using reinforcement learning, 2018. arXiv: 1809.05495 [cs.DC].