

Грід-технології: променева діагностика

І.М. Дикан, Б.А. Тарасюк,
С.Б. Синюта

ДУ «Інститут ядерної медицини та
променевої діагностики НАМН України»

Розвиток нових технологій та цифрової техніки за останні десятиріччя призвів до появи великої кількості нових методів візуалізації та діагностики. У лікарів та дослідників виникли зовсім нові можливості цілеспрямованого впливу на процес візуалізації медичного зображення з метою підвищення якості діагностики. Дослідник повинен самостійно вибирати алгоритм обробки діагностичного зображення. Саме для цього спрямовується розробка нового інструментарію, який дозволяє проводити обробку зображень за невеликий проміжок часу.

Методи отримання медичних радіологічних зображень базуються на проходженні випромінювання через тіло пацієнта, коли одночасно із поглинанням присутнє різнобічно спрямоване відображення випромінювання з усього об'єму тканин, що знаходяться під впливом випромінювання. Саме цей процес є характерним для усіх фізичних методів отримання первинних радіологічних зображень [9].

Як результат отримується «істинне» зображення, на яке накладається «наведене (артефактне) зображення». Останнє представляє із себе паразитарний шум, що розмиває «істинне» зображення. Отже паразитарний шум має бути мінімізованим. У результаті розподільча здатність неопрацьованого вихідного зображення, через «шуми», зменшується на 20-40%. В той же час «наведене (артефактне) зображення», за рахунок послідовного застосування декількох математичних функцій обробки зображення може частково, а інколи у значному ступені бути нівельованим.

В той же час медичні зображення, не дивлячись на те, що дають основний об'єм інформації про пацієнта, недостатні так як їх аналіз та інтерпретація мають бути відображені у контексті історії хвороби пацієнта. Як вже було зазначено вище, сучасне обладнання дозволяє отримати медичні зображення у цифровому вигляді, проте, довготривале зберігання інформації у нашій країні не має місця. Відомо, що медичні дані про пацієнтів збираються у різних медичних закладах, різної підпорядкованості. Слід зазначити, що в даний час лікарі не мають доступу не лише до всіх історій хвороби конкретних пацієнтів, але й до результатів візуального радіологічного обстеження. Дуже часто отримання зображень в

впливає багато параметрів, а додаткова інформація накопичується різними системами збору фізичних даних. Ці недоліки має подолати Грід-система.

Грід – це своєрідний віртуальний суперкомп'ютер, що складається з окремих кластерів розрізаних комп'ютерів та робочих станцій поєднаних єдиною мережею. Грід-технології застосовують для проектів, які потребують великих обчислювальних потужностей і сховищ даних, що працюють з географічно розподіленою інформацією або потребують швидкого гарантованого доступу. У системі забезпечується заданий рівень надмірності, що дозволяє відновлювати дані при виході з ладу любого з вузлів та збільшувати швидкість доступу до даних. Медичні дані використовуються при постановці діагнозу, при подальшому лікуванні та плануванні терапії. При діагностиці медичні зображення зазвичай візуалізуються та інтерпретуються радіологом одразу після їх отримання, перед тим як передати лікарю для повторного розгляду. Ці два читання знімку зазвичай проходять в різних кабінетах і можливо навіть в різних будівлях.

При подальшому лікуванні до роботи зі знімками можуть бути залучені і інші лікарі, так як зображення, отримані в різний час, можуть бути зроблені в різних радіологічних центрах та для їх читання може вимагатися декілька лікарів [8].

Медичні зображення представляються величезними об'ємами даних: одне зображення може займати від декількох мегабайт до одного гігабайту і більше. Правові питання, які стосуються архівації медичних даних, вирішуються в різних країнах по різному, але простежувана загальна європейська тенденція – довготривале зберігання даних (близько 20 років для всіх даних та до 70 років для деяких спеціальних даних), а також надання права власності на них пацієнту.

Рішення задачі розподілу даних передбачає побудову великої, багатоцентрової інтегрованої бази даних. В той час як для подолання статистичної похибки при дослідженні таких показників як спосіб життя або харчування, необхідна база даних, котра може виходити за межі національних кордонів. Для реалізації алгоритмів обробки і для зберігання медичних даних сьогодні використовується автома-

тизовані системи зберігання даних – PACS (Picture Archival and Communications System). В комплексі питань застосування ГРІД–застосувань для медицини окремо виділяють питання PACS-систем.

PACS-системи визначають як спеціалізовані інформаційні системи, які розраховані для робіт із великими об'ємами даних радіологічних, генетичних досліджень та медичної графіки. Радіологічна інформація з дослідження навіть одного пацієнта може займати великі об'єми, особливо якщо проводяться складні дослідження (тривимірні зображення, часові послідовності і т.д.), котрі потребують опису с урахуванням різних супутніх факторів та особливостей. Так, первинна інформація стандартного дослідження при проведенні комп'ютерної (КТ) та магнітно-резонансної томографії (МРТ) може сягати сотень мегабайт, а іноді навіть вимірюється в гігабайтах.

Обсяги медичних даних щороку зростають, інформація також потребує комп'ютерної обробки, масштабування та створення структурованих архівів. На сьогодні знімки, як частина медичного документу, не слідує за пацієнтом в процесі обстеження або лікування з клініки в клініку, дані розсіяні по місцям проведення обстежень.

При лікуванні, як правило, немає можливості отримати повну медичну інформацію про пацієнта в історичному розрізі. Після утвердження стандартів зберігання та передачі медичної інформації та впровадження електронних карт пацієнтів з'явиться можливість перейти від паперового до електронного обліку медичних документів, які можна буде легко передавати з клініки в клініку слідом за пацієнтом.

Доступ до цієї інформації повинен бути обмеженим, дані повинні бути закодовані для гарантії їх безпеки, але форма стандартизованих клінічних протоколів має бути зрозумілою для лікарів незалежно від місця та країни перебування пацієнта.

В даний час створена розподілена база даних та сховище зображень на основі кластерного комплексу. Відбувається накопичення медичних зображень і розробка алгоритмів паралельної обробки.

Сучасні методи променевої діагностики дозволяють отримувати величезну кількість інформації про досліджуваний орган пацієнта, однак, для встановлення діагнозу використовується лише мала її частина. Програмне забезпечення більшості робочих станцій дозволяє використовувати лише найпростіші методи постпроцесінгової обробки, для висококваліфікованого фахівця вони не становлять особливої користі та застосовуються частіше всього для більш яскравої ілюстрації досліджуваного випадку. В той самий час математична обробка “сирих” вихідних даних у деяких випадках дозволяє отримати раніше приховану

для візуальної оцінки інформацію або з високою, раніше недосяжною точністю підтвердити або заперечити висунуту діагностичну гіпотезу. Однак, найефективнішими з точки зору інформативності методами є, зазвичай, найбільш ресурсоємні алгоритми постпроцесінгової обробки медичних зображень. Виходом з даної ситуації є використання кластерних обчислень, які дозволяють використовувати увесь сумарний потенціал робочих станцій, що входять в грид-мережу. При ефективному алгоритмі розподілу ресурсів, грид-технології спроможні зменшити час обробки майже пропорційно кількості комп'ютерів, що належать кластеру. Даний факт дозволяє перевести низку методів із розряду суто експериментальних у практично доцільні та суттєво розширити арсенал лікаря-радіолога.

На даний момент основним методом, що використовується в комп'ютерній томографії, є спостереження за рівнем накопичення рентгенконтрастуючої речовини. Даний спосіб ґрунтується на відмінності рівня кровопостачання новоутворень та неушкодженого патологічним процесом органа. Адже відомо, що швидкозростаюча пухлина потребує більшої кількості поживних речовин для підтримання своєї життєдіяльності та росту, що виражається в надмірному збільшенні притоку крові до ураженої ділянки і, як наслідок, у накопиченні контрасту в даній ділянці. Проте, певні доброякісні новоутворення та запальні процеси в органах також супроводжуються гіпернакопиченням рентгенконтрасту, тому встановлення точного діагнозу у деяких випадках стає з високим рівнем ймовірності неможливим.

На сучасному етапі розвитку біоінформатики особливий інтерес викликає математична оцінка неоднорідності тканини. Даний факт обумовлений принциповою відмінністю морфології здорової та злоякісної тканин. Однією з типових патофізіологічних особливостей злоякісних новоутворень є хаотичність їх внутрішньої структури. Методи розрахунку гетерогенності тканини, що використовуються в повсякденній практиці не відрізняються особливим різноманіттям. Вони базуються на визначенні різниці середніх та граничних значень параметру рентгенівської щільності та гістографічному аналізі показників у ділянках, які досліджуються [7, 8, 9, 11]. Також відомі спроби застосування кластерного аналізу щодо досліджуваних ділянок. Отже на даний момент основні методи оцінки гетерогенності тканини представляють собою або якісні, або кількісні, що описують зміну параметра рентгенівської щільності в певному околі, але не в повній мірі характеризують сам характер розподілу параметра в області.

Особливий інтерес в плані діагностичної інформативності в диференціації злоякісних новоутворень викликають більш складні методики, що базуються на обчисленні відмінностей кількісних показників точок досліджуваної області між собою [1, 2]. Найбільш цікавими серед них можна виділити алгоритми, що враховують просторове розподілення елементів зони інтересу, наприклад розрахунок неоднорідності за допомогою методу просторової автокореляції за Мораном [2], методики картування по областям, показники гетерогенності в яких вкладаються в невеликий коридор значень, а також картування по градієнту гетерогенності.

Наведемо декілька прикладів таких алгоритмів розрахунку. За першим способом, значення квазігетерогенності в точці являє собою середньоквадратичне відхилення від значення в необхідній точці значень рентгенівської щільності при КТ дослідженні або ж інтенсивності МР-сигналу у випадку використання ЯМР томографії точок, що входять у область заданого розміру з центром у шуканій точці. Слід зазначити, що розмір суміжної області (n), зі значеннями точок якої проводяться розрахунки, величина не фіксована заздалегідь. Програма створює масив значень параметрів для всіх актуальних значень n , а лікар-діагност в свою чергу вже обирає серед цих даних необхідну множину, що відповідає певному значенню n керуючись найбільшою інформативністю отриманої візуальної картини. Різні значення параметру матимуть різну користь в залежності від морфологічних особливостей досліджуваної тканини — різні типи тканини мають різний розмір кластера і різну неоднорідність всередині нього, приміром, розмір кроку відгалуження меншої судини від основної величина майже стала для конкретного органу (без злоякісного переродження).

Одним з найбільш інформативних показників при діагностиці злоякісних новоутворень є градієнт гетерогенності [3, 4, 5] — він являє собою різницю значень показників гетерогенності (квазігетерогенності в точці) обчисленими на «нативних» та максимально «підсиленних» зображеннях. Для розрахунку градієнту гетерогенності можуть використовуватися різні способи обчислення гетерогенності та квазігетерогенності. При зовнішній простоті методу він ще більше ускладнює процедуру, оскільки вимагає одночасного зберігання необхідних показників зібраних в кожний з моментів дослідження - вибір терміну затримки сканування здійснюється диференційовано залежно від характеру кривої аттенуація/час та часу максимального контрастування досліджуваних органів.

Практика свідчить про високу ефективність вищеписаних методів у діагностиці злоякісних новоутворень за рахунок можливості кількісної оцінки

структури тканини, однак, слід зазначити складність та великий час розрахунку при їх використанні. Дані алгоритми потребують створення багатомірних масивів даних, на які витрачаються як значна кількість часу на обрахування, так і величезний об'єм попередньо зарезервованого місця для зберігання. Для впровадження цих методів в щоденну діагностичну практику необхідна наявність додаткових обчислювальних потужностей, що можуть бути забезпечені при використанні ґрід-технологій.

Інше місце застосування потенціалу потужності ґрід-кластера при обробці медичних зображень можуть бути програми для томографічної реконструкції. На даний момент найбільш розповсюдженими є методики, що базуються на методі згортки та зворотної проєкції, в той час як набагато кращу якість зображення, меншу кількість артефактів та краще відношення сигнал/шум забезпечують алгебраїчні методи [6]. Їх менша розповсюдженість обумовлена значно більшою ресурсоемністю — знаходження тривимірного розподілу в алгебраїчних методах зводиться до розв'язання системи великої кількості лінійних рівнянь. Кількість рівнянь має порядок n^3 , де n — розмір матриці проєкцій. Так для $n=128$, що характерно для радіоізотопних досліджень, кількість рівнянь становить 2^{21} , а при $n=1024$ (рентгенівська комп'ютерна томографія) сягає 2^{30} . Задачу полегшує той факт, що томографічна система рівнянь сильно розріджена та розпадається на окремі блоки. Доречі, цей факт значно полегшує якісне розподілення ресурсів між елементами кластера.

У підсумку, ґрід-технології дозволяють створювати гнучкі та масштабовані системи зберігання даних для медичних установ різного ступеня, що отримують можливість спільного використання розподілених ресурсів, оптимізації навантаження на обладнання, спрощення керування та більшу надійність при зберіганні даних. Накопичення медичної інформації в Ґрід дозволяє організувати її ефективну обробку за допомогою алгоритмів різної складності.

Література

1. Заявка на пат. на корисну модель u201307594. Спосіб діагностики новоутворень приносних пауз/ Дикан І. М., Терницька Ю. П., Синюта С. Б. — заявл. 14.06.2013.
2. Комп'ютерний аналіз зображень матки у хворих на злоякісні пухлини трофобласта: методичні рекомендації / Т.М.Козаренко, В.Е.Орел, В.С.Медведєв [та ін.] — К., 2006. — 16 с.
3. Рогожин В. А. СКТ и МРТ в дифференциальной диагностике новообразований области параназальных

синусов / В. А. Рогожин, Л. А. Мироняк, Ю. П. Терницкая // Променева діагностика, променева терапія : збірка наук. робіт Асоц. радіологів України. — К., 2001. — Вип. 10: матеріали Укр. наук.-практ. конф. «Актуальні питання конвенційної рентгенодіагностики, комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії», 3—4 жовт. 2001р., м. Івано-Франківськ, — С. 136.

4. Терницкая Ю. П. Спиральная компьютерная и магнитно-резонансная томография в дифференциальной диагностике заболеваний полости носа, околоносовых пазух, носовой и ротовой частей глотки / Ю. П. Терницкая // Променева діагностика, променева терапія — 2004. — № 4. — С. 26—31.

5. Терницкая Ю.П. Застосування спіральної комп'ютерної томографії та магнітно-резонансної томографії для оцінки поширення злоякісного процесу носоротоглотки та навколоносових пазух / Ю.П. Терницкая // Укр. радіол. журнал. — 2004. — № 2. — С. 213—215.

6. Arns C. H. Reconstructing complex materials via effective grain shapes [Електронний ресурс] / С. Н. Arns, М. А. Knackstedt, К. R. Mecke // Phys Rev Lett. — 2003. — Vol. 91 (21). — Режим доступу до журн. : <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.91.215506>.

7. Brooks F. J. Quantification of heterogeneity observed in medical images [Електронний ресурс] / F. J. Brooks, P. W. Grigsby // BMC Medical Imaging. — 2013. — Vol. 13 (7). — Режим доступу до журн. : <http://www.biomedcentral.com/1471-2342/13/7>.

8. Pomerantz A. E. Spatial heterogeneity length scales in carbonate rocks / A. E. Pomerantz, E. E. Sigmund, Y.-Q. Song // Applied Magnetic Resonance. — 2007. — Vol. 32 (1-2) — P. 221-231.

9. Pomerantz A. E. Inverting MRI measurements to heterogeneity spectra / A. E. Pomerantz, P. Tilke, Y.-Q. Song // J Magn Reson. — 2008. — Vol. 193 (2). — P. 243-50.

10. Pomerantz A. E. Quantifying spatial heterogeneity from images [Електронний ресурс] / A. E. Pomerantz, Y.-Q. Song // New J. Phys. — 2008. — Vol. 10. — Режим доступу до журн. : <http://iopscience.iop.org/1367-2630/10/12/125012>.

11. Second-order analysis by variograms for curvature measures of two-phase structures / С. Н. Arns, J. Mecke, К. Mecke [et al.] // The European Physical Journal B. — 2005. — Vol. 47 (3). — P. 397—409.

ГРИД-ТЕХНОЛОГІЇ: ПРОМЕНЕВА ДІАГНОСТИКА

І.М. Дикан, Б.А. Тарасюк, С.Б. Синюта

Грид-обчислювання — це форма розподілених обчислювань, в якій «віртуальний

суперкомп'ютер» представлений у вигляді кластерів, які з'єднані за допомогою мережі слабкозв'язаних гетерогенних комп'ютерів, що працюють разом для виконання величезної кількості завдань. Ця технологія застосовується для рішення наукових, математичних задач, які вимагають значних обчислювальних ресурсів.

Грид-технології дозволяють створювати гнучкі та масштабовані системи зберігання та обробки медичної інформації. Медичні установи різного рівня отримують можливість спільного паралельного використання своїх обчислювальних ресурсів для вирішення медичних задач підвищеної складності.

ГРИД-ТЕХНОЛОГІЇ: ЛУЧЕВАЯ ДІАГНОСТИКА

І.Н. Дыкан, Б.А. Тарасюк, С.Б. Синюта

Грид-вычисления — это форма распределённых вычислений, в которой «виртуальный суперкомпьютер» представлен в виде кластеров соединённых с помощью сети, слабосвязанных, гетерогенных компьютеров, работающих вместе для выполнения огромного количества заданий. Эта технология применяется для решения научных, математических задач, требующих значительных вычислительных ресурсов.

Грид-технологии позволяют создавать гибкие и масштабируемые системы хранения и обработки медицинской информации. Медицинские учреждения разного уровня получают возможность совместного параллельного использования своих вычислительных ресурсов для решения медицинских задач повышенной сложности.

GRID-TECHNOLOGIES: DIAGNOSTIC RADIOLOGY

I.N. Dykan, B.A. Tarasyuk, S.B. Sinyuta

Grid computing is a form of distributed computing in which «virtual supercomputer» is presented as clusters connected through network of loosely coupled, heterogeneous computers that work together to fulfill numerous tasks. This technology is applied to solve scientific, mathematical tasks requiring significant computing resources.

Grid-technologies allow to create flex and scalable systems of information storage and processing. Medical institutions of different levels are permitted to apply jointly and simultaneously their computational resources for solving of advanced medical goals.