

Aplikasi Dynamic Programming Dalam Mendapatkan Rute Optimal Antar Region Pada Otak

Serta Sedikit Mengenai Penggunaan Dynamic Programming Pada Neural Network

Wilson Tansil - 13521054

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
13521054@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Pemahaman tentang bagian mana cara transfer informasi antar neuron tetap menjadi permasalahan yang belum terpecahkan pada bidang *neuroscience* hingga sekarang. Pencarian rute terdekat antar neuron merupakan salah satu hal yang telah dipelajari selama bertahun-tahun. Pencarian rute ini tergolong sebagai *connectomics* yang merupakan ilmu yang mempelajari mengenai koneksi antar sistem saraf. *Connectomics* sendiri berfokus untuk mendapatkan rute paling optimal dalam komunikasi antar neuron yang bersangkutan. Dengan mendapatkan rute terdekat antar neuron maka kita dapat memperkirakan aliran informasi elektrik yang berlangsung antar *region* otak. Hal ini juga bisa menggambarkannya cara pengolahan informasi yang dilakukan pada sistem saraf sentral. Rute terdekat, dalam beberapa kasus dapat diartikan sebagai rute paling efisien untuk transfer informasi antar neuron. Kasus ini banyak digunakan untuk mempelajari bagaimana keterhubungan antar *region* otak dan cara *region-region* itu bekerja sama untuk menyelesaikan suatu persoalan yang kompleks. Pencarian rute terdekat dapat menentukan penyaluran informasi dan mengidentifikasi apakah jalur tersebut memiliki fenomena *information blocking* akibat suatu penyakit seperti tumor, dan lain-lain.

Keywords—*neuroscience*, *connectomics*, *region*, *tumor*, *information blocking*

I. PENDAHULUAN

Seperti yang kita ketahui, otak merupakan *central nervous system* dari makhluk hidup yang berfungsi untuk mengatur semua kegiatan yang berada di tubuh makhluk hidup, seperti kinerja organ, kinerja otot, dan lain-lain. Dalam dunia informatika, otak juga bisa diartikan dengan pusat komputer atau Central Processing Unit dari tubuh itu sendiri yang terletak di dalam rongga otak, yang dikenal dengan *cranium*, yang dibungkus oleh selaput otak yang kuat (*meninges*). *Meninges* merupakan cairan dan selaput yang mengelilingi otak dan sumsum tulang belakang yang terdiri dari *dura mater* (lapisan luar paling tebal), lapisan *arachnoia* (membrane tengah dan tipis), dan *pia mater* (lapisan dalam).

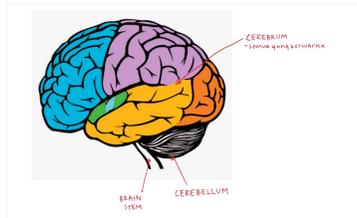
Otak memiliki fungsi yang krusial dan vital bagi makhluk hidup, kecuali beberapa hewan seperti ubur-ubur, kerang dan lain-lain yang tidak memerlukan otak untuk bertahan hidup.

Manusia merupakan salah satu makhluk hidup yang memiliki kemampuan otak paling kompleks dari makhluk hidup lainnya. Otak manusia terbagi menjadi beberapa bagian yang memiliki fungsinya masing-masing. Otak terbagi menjadi 3 bagian utama yakni otak besar (*cerebrum*), otak kecil (*cerebellum*), dan batang otak (*brain stem*).

Cerebrum atau otak besar merupakan bagian paling besar pada otak yang terbagi lagi menjadi 2 belahan bagian yakni otak kanan dan otak kiri. Menurut penelitian, otak kanan berfungsi untuk mengatur fungsi tubuh bagian kiri dan otak kiri berfungsi untuk mengatur fungsi tubuh bagian kanan. Sistem saraf yang mengendalikan otak (*sinaps*) terletak pada bagian permukaan luar otak besar yang disebut *cerebral cortex*. Otak besar merupakan inti dari *neuroscience* dalam mempelajari aliran informasi dari otak ke tubuh. Hal ini dikarenakan pada bagian otak besar terdapat sel-sel saraf berselubung yang berperan untuk menyalurkan informasi antar otak dan tulang belakang (*medulla spinalis*). *Medulla spinalis* adalah kumpulan serabut saraf yang berada di sepanjang tulang belakang, yang membentang dari bagian bawah otak hingga ke punggung bagian bawah. Otak besar memiliki beberapa fungsi yakni pusat proses berpikir, penalaran, pemecahan masalah, dan lain-lain.

Cerebellum atau otak kecil merupakan bagian otak yang terletak di bawah tidak jauh dari otak besar. Fungsi dari otak kecil lebih mengarah ke kestabilan tubuh, seperti menjaga keseimbangan tubuh, mengatur posisi tubuh, koordinasi gerakan tubuh, dan mengendalikan gerakan tubuh.

Brain stem atau batang otak adalah bagian otak yang bisa dianggap sebagai *connector* dan *signal transmitter* tubuh yang mengirim dan menerima pesan antara berbagai bagian tubuh dengan otak. *Brain stem* juga merupakan pusat kontrol dari berbagai fungsi vital tubuh, seperti menelan, aktivitas motorik tubuh, serta mengatur aktivitas organ yang tidak diatur secara eksplisit atau yang lebih dikenal dengan *involuntary action*, seperti detakan jantung, bernapas dan lain-lain.



Gambar 1.1 3 Bagian Utama Otak

https://www.kindpng.com/imgv/lhxiob_parts-of-the-brain-png-brain-in-black/

Tumor otak merupakan penyakit yang ditandai dengan adanya pertumbuhan sel atau jaringan yang tidak normal di otak. Tumor otak adalah kondisi yang harus diwaspadai, dan harus segera ditangani sejak awal pasca jinak (stadium 1 dan 2). Apabila tumor mencapai stadium 3 dan 4, maka sudah termasuk tumor ganas yang biasa dikenal dengan kanker otak. Tumor otak dapat dideteksi dengan menggunakan *Magnetic Resonance Imaging* sebagai media untuk mendapatkan gambar atau *topological map* dari otak sendiri yang digabungkan dengan konsep tertentu dalam menentukan apakah terdapat sel tumor pada otak.

Fakta bahwa otak merupakan susunan graf paling kompleks yang pernah ditemukan oleh umat manusia sampai sekarang (terdiri dari miliaran bahkan triliunan sinaps yang membentuk sebuah *pattern* dan *sequence*) memang tidak bisa lagi dipungkiri. Hal ini mengakibatkan ilmuwan harus memberikan perhatian khusus dalam mengamati daerah ini, maka terbentuklah *neuroscience*. *Neuroscience* adalah bidang ilmu yang dikhususkan dalam mempelajari mengenai sistem *neuron* pada makhluk hidup. Dengan mempelajari sistem *neuron*, kita dapat memiliki teknologi yang lebih maju. Sebagai contoh, *neural network*, bahkan paradigma *Object Oriented Programming*, juga berasal dari hasil pengamatan dari kinerja sistem *neuron* pada tubuh manusia. Dikarenakan jaringan otak yang sangat kompleks, *neuroscience* diklasifikasikan lagi menjadi beberapa daerah studi yang pada makalah ini akan difokuskan pada makalah kali ini adalah *connectomics*. *Connectomics* merupakan bagian ilmu yang berfokus pada menemukan koneksi antar sistem saraf. Dengan *connectomics*, kita dapat mengetahui kekurangan pada daya nalar otak manusia, serta mengidentifikasi penyakit yang menyebabkan terganggunya pengiriman sinyal ke bagian tubuh tertentu.

Kekurangan pada otak manusia dibuktikan dalam sebuah eksperimen yang dilaksanakan salah satu murid dari *Cambridge University*, yang melibatkan 550000 rute yang diambil oleh 14000 orang. Eksperimen yang dilakukan adalah menentukan rute terdekat dari suatu tempat ke suatu tujuan yang memiliki dua buah rute yang berbeda untuk ke tempat tujuan. Dalam eksperimen ini, sekitar 70-80% partisipan memilih jalan yang lebih panjang namun memiliki angular terhadap tempat tujuan terkecil (jalan yang langsung menuju ke tempat tujuan), meskipun jalan yang memiliki belokan tertentu memiliki jarak terpendek.

II. TEORI DASAR

A. Program Dinamis (*Dynamic Programming*)

Program dinamis adalah teknik dalam pemrograman pada dunia ilmu komputer yang dirancang untuk memberikan solusi optimal terhadap masalah-masalah tertentu. Program dinamis juga bisa diartikan metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi menjadi sekumpulan tahapan atau *stage*, sedemikian sehingga persoalan dapat dipandang sebagai serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Istilah “dinamis” muncul karena pencarian solusi melakukan perhitungan dengan menggunakan data yang dapat berkembang. Berbeda dengan algoritma-algoritma pencarian solusi optimal lainnya yang cenderung hanya memberikan sebuah solusi, program dinamis memberikan semua solusi yang dianggap memberikan solusi optimal sehingga sangat banyak digunakan dalam kasus-kasus nyata.

Istilah program dinamis awalnya digunakan pada tahun 1940-an oleh *Richard Bellman* untuk mendefinisikan proses menentukan solusi keputusan terbaik dari sebuah persoalan. Pada tahun 1953, program dinamis disempurnakan ke program dinamis yang kita ketahui sekarang, yakni program yang mengacu pada penyelesaian masalah-masalah kecil yang bersarang dalam permasalahan yang lebih besar. Arti kata dinamis dipilih oleh *Richard Bellman* yang bertujuan untuk menangkapi aspek waktu bervariasi dari masalah.

Pada program dinamis terdapat prinsip optimalitas yang mengharuskan seluruh rangkaian keputusan yang optimal harus dibuat berdasarkan prinsip tersebut. Prinsip optimalitas memberikan pengertian bahwa jika solusi total optimal, maka bagian solusi sampai tahap tertentu juga optimal. Sebagai contoh, jika kita bekerja dari tahap k ke tahap $k+1$, kita dapat menggunakan hasil optimal dari tahap k tanpa harus kembali ke tahap awal.

Karakteristik persoalan dengan program dinamis meliputi:

1. Persoalan dibagi menjadi beberapa tahap, yang pada setiap tahapnya.
2. Masing-masing tahap terdiri atas sejumlah *state* yang berhubungan dengan tahap tersebut.
3. Hasil dari keputusan yang diambil pada setiap tahap ditransformasikan dari status yang bersangkutan ke status berikutnya pada tahap berikutnya.
4. *Cost* pada suatu tahap meningkat secara teratur dengan bertambahnya jumlah tahapan.
5. *Cost* pada suatu tahap bergantung pada *cost* tahap-tahap yang sudah berjalan dan *cost* dari tahap tersebut ke tahap berikutnya.
6. Adanya hubungan rekursif yang mengidentifikasi keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap k memberikan keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap $k + 1$.
7. Prinsip optimalitas berlaku pada persoalan tersebut.

Program dinamis memiliki dua pendekatan yang biasa digunakan dalam menyelesaikan persoalan yakni program

dinamis maju (*forward* atau *up-down*) dan program dinamis mundur (*backward* atau *down-up*). Duanya dipilih berdasarkan pertimbangan efisiensi dalam persoalan, apakah persoalan tersebut lebih efisien apabila diakses dari bagian depan atau akhir.

Program dinamis maju, seperti istilahnya, merupakan program dinamis yang bergerak mulai dari tahap awal atau yang biasa dikatakan sebagai tahap 1, sedangkan program dinamis mundur merupakan kebalikan dari program dinamis maju yakni program memulai penyelesaian masalah dari tahap paling akhir yang biasa dikenal sebagai tahap n (banyak tahap).

Langkah-langkah pengembangan algoritma program dinamis meliputi:

1. Karakteristikan struktur solusi optimal.
2. Definisikan secara rekursif nilai solusi optimal.
3. Hitung nilai solusi optimal secara maju dan mundur.
4. Rekonstruksi solusi optimal.

Terdapat berbagai kasus yang dapat diselesaikan menggunakan program dinamis, di antaranya pencarian lintasan terpendek (*shortest path*), *integer knapsack*, penganggaran modal (*capital budgeting*), *travelling salesman problem* (yang akan digunakan dalam makalah ini), dan lain sebagainya.

B. Travelling Salesman Problem

Travelling Salesman Problem merupakan salah satu persoalan graf yang solusinya masih dikembangkan hingga sekarang. Pada dasarnya, *travelling salesman problem* merupakan persoalan yang mengharuskan sebuah perjalanan dengan jarak optimal yang melewati semua *node* dan kembali lagi ke *start node*. Permasalahan ini sering kita lihat pada kasus pengiriman, transportasi, jaringan komunikasi, manufaktur, dan lain sebagainya. *Travelling Salesman Problem* sendiri juga bisa digunakan dalam menentukan hubungan fungsionalitas antara region pada otak yang akan dibahas pada makalah ini.

Travelling Salesman Problem dapat diartikan juga sebagai masalah optimasi kombinatorial yang pertama kali ditemukan oleh matematikawan Irlandia bernama *William Rowan Hamilton* pada abad ke-19. Pada tahun 1930, *TSP* secara resmi dianggap dan dikenal sebagai masalah optimasi untuk mencari rute terpendek yang mengunjungi setiap kota dalam daftar kota yang diberikan *salesman*, dan kembali ke kota awal oleh *Karl Menger* dan *Merrill Flood*, matematikawan asal Amerika Serikat.

Penyelesaian *Travelling Salesman Problem* dengan menggunakan *Dynamic Programming* dapat dilakukan dengan tahap-tahap berikut.

1. Misalkan $G = (V, E)$ adalah graf lengkap berarah dengan sisi-sisi yang diberi harga $c_{ij} > 0$.
2. Misalkan $|V| = n$ dan $n > 1$. Setiap simpul diberi nomor $1, 2, \dots, n$.
3. Asumsikan perjalanan dimulai dan berakhir pada simpul 1.

4. Setiap tur pasti terdiri dari sisi $(1, k)$ untuk beberapa $k \in V - \{1\}$ dan sebuah lintasan dari simpul k ke simpul 1.
5. Lintasan dari simpul k ke simpul 1 tersebut melalui setiap simpul di dalam $V - \{1, k\}$ tepat hanya sekali.
6. Prinsip optimalitas: jika tur tersebut optimal maka lintasan dari simpul k ke simpul 1 juga menjadi lintasan ke-1 terpendek yang melalui simpul-simpul di dalam $V - \{1, k\}$.
7. Misalkan $f(i, S)$ adalah bobot lintasan terpendek yang berawal dari simpul i , yang melalui semua simpul di dalam S dan berakhir pada simpul 1.
8. Nilai $f(1, V - \{1\})$ adalah bobot tur terpendek

Hubungan rekursif

$$f(1, V - \{1\}) = \min \{c_{1k} + f(k, V - \{1, k\})\} \quad (1)$$

Dengan merampatkan persamaan (1), diperoleh

$$f(i, \emptyset) = c_{i,1}, \quad 2 \leq i \leq n \text{ (basis)}$$

$$f(i, S) = \min \{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\} \text{ (rekurens)} \quad (2)$$

C. Connectomics

Otak manusia merupakan sebuah organ krusial yang terdiri dari jutaan sinaps yang mengakibatkan pola dan urutan interaksi menjadi sangat bervariasi. Proses transmit informasi elektrik inilah yang bertanggung jawab dalam munculnya pemikiran, emosi, fungsi dan disfungsi tubuh. Dengan mempelajari bagaimana koneksi otak berlangsung dapat sangat membantu dalam memahami kesehatan mental, *cognitive*, dan mengetahui apa yang membuat kita dikenal sebagai manusia.

Connectomics adalah studi yang mempelajari tentang koneksi antar sistem saraf. Connectomics sendiri berfokus pada eksplorasi mengenai bagaimana cara neuron berkaitan dengan sesama, atau dengan sistem saraf dalam menghasilkan pemikiran dan sifat.

Neuroscientist telah mempelajari dalam melakukan mapping terhadap otak sejak beberapa decade lalu hingga sekarang. Namun, ternyata hasil mapping tersebut masih tidak lengkap. *Human Brain Mapping* ini telah dihasilkan sejak tahun 1909 dan masih digunakan hingga sekarang.

Human Connectome Project merupakan proyek yang dibentuk untuk melakukan mapping pada otak yang pada tahap awalnya dikonfirmasi terdapat 180 *cortical areas* yang berbeda. *Cortical areas* itu sendiri merupakan unit dasar dari organisasi otak yang terletak pada *cerebral cortex*, yang meliputi bagian-bagian otak yang terletak pada *cerebrum*. *Connectome* merupakan alat yang bagus untuk melakukan navigasi pada otak manusia.

Navigasi dapat diartikan sebagai strategi komunikasi jaringan yang mengarah ke informasi yang didasari dari jarak antar kedua *node* jaringan. Navigasi jaringan juga bisa diartikan dengan pemrosesan ke *node* selanjutnya dengan jarak terpendek. Navigasi ini tidak selalu berhasil mencapai destinasi, atau mendapatkan jalur yang tidak efisien. Navigasi pada otak sendiri tidak hanya sekedar melakukan penamaan

dan *state*, melainkan harus mengetahui interaksi antar region yang bersangkutan.

Pada *connectome mapping*, koneksi merupakan hal yang sangat penting pada otak manusia. Koneksi dibagi menjadi yakni *functional connection* dan *structural connection*. *Structural connection* merupakan koneksi fisik yang dihubungkan dengan sel saraf yang kerap disebut dengan kabel. *Structural connectivity* berfokus pada *regions* dan jalur yang menghubungkannya. *Functional connectivity* lebih mengarah ke bagaimana bagian otak yang berbeda bekerja sama dalam melakukan fungsi-fungsi tertentu dan memecahkan masalah yang sedang dihadapi, seperti ketika melakukan pembicaraan. Hingga sekarang, *brain mapping* sendiri belum sempurna, hal ini dikarenakan ketika melakukan sesuatu jaringan yang terbentuk dari satu region ke region lain akan terus berbeda dan tidak dapat dipastikan bagaimana atau dalam bentuk apa penghubungan dilakukan. Hal ini juga dibatasi dengan kurangnya teknologi untuk melakukan pengamatan terhadap neuron individual yang memiliki ukuran yang sangat kecil yang hanya mungkin teramati bagian yang disusunnya yakni *brain tissue*. Dalam 1 milimeter *brain tissue*, terdapat neuron dalam jumlah besar yakni sekitar 50000 sel saraf dan 1 juta sinaps. Hal ini tidak memungkinkan dilakukan pemodelan otak manusia secara keseluruhan hanya dengan penghubung mikro (*micro wiring*).

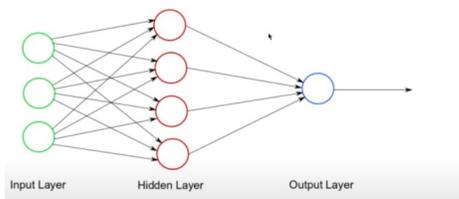
D. Neural Network

Neural network merupakan subset dari machine learning dan merupakan inti dari algoritma *deep learning*. *Neural network* sendiri didasarkan pada fungsi otak manusia yang terdiri dari neuron dan sinaps. *Neural network* membantu dalam visualisasi pemecahan masalah dengan pendekatan matematika.

Neural network juga memiliki beberapa model. Model yang paling sering digunakan adalah *convolutional neural network* yang biasa digunakan pada *image recognition* dan *long short-term memory network* yang bagus digunakan pada kasus *speech recognition*.

Neuron pada *neural network* dapat dikatakan sebagai sebuah fungsi yang akan menghasilkan angka yang berasal dari perhitungan matematika antara *weight* dari network yang biasanya hanya bernilai 0 hingga 1. 0 artinya sama sekali tidak sesuai yang diinginkan, dan 1 sudah pasti merupakan solusi.

Neural network sendiri dibagi menjadi 3-layer yakni *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. *Input layer* merupakan *neuron-neuron* dari input yang ingin dicari solusinya, *hidden layer* merupakan bagian yang biasa digunakan sebagai validasi solusi, dan *output layer* merupakan solusi dari input tersebut. Cara *network* mengoperasikan aktivasi di satu layer akan berdampak pada aktivasi pada layer selanjutnya.



Gambar 2.1 *Neural network*

<https://www.youtube.com/watch?v=VLiv7Ygg50E>

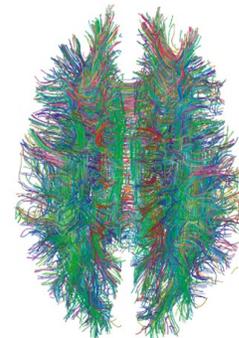
III. PENERAPAN DYNAMIC PROGRAMMING DALAM NAVIGASI OTAK DAN NEURAL NETWORK

Terdapat perbedaan penggunaan *dynamic programming* pada konsep *connectomics* dan *neural network*. Pada *connectomics*, *dynamic programming* dalam bidang navigasi *connectome* adalah menemukan lintasan-lintasan optimal yang menghubungkan suatu *region* dengan *region* lain, sedangkan pada *neural network*, *dynamic programming* ditujukan untuk mendapatkan hasil dengan *weight* optimum dari kalkulasi pada *neuron* yang dituju.

A. Connectome

Sebelum melakukan eksplorasi navigasi *neuron* pada otak dengan *dynamic programming*, kita harus terlebih dahulu melakukan pemetaan terhadap hubungan antar neuron.

Connectome merupakan peta komprehensif yang menggambarkan keterhubungan *neuron* pada otak, bisa juga dikatakan sebagai diagram penghubung. Sistem saraf makhluk hidup sendiri dibentuk dari *neuron-neuron* yang berkomunikasi dengan sinaps. *Connectome* dibentuk dengan menelusuri *neuron* pada sistem saraf dan memetakan keterhubungan antar *neuron* melalui sinaps.



Gambar 3.1 *White Matter Connectome*

[https://en.wikipedia.org/wiki/Connectome#/media/File:White Matter Connections Obtained with MRI Tractography.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Connectome#/media/File:White_Matter_Connections_Obtained_with_MRI_Tractography.png)

B. Navigasi Otak dengan Dynamic Programming

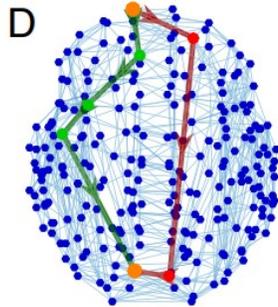
Dengan menggunakan *connectome* yang tadi maka kita dapat melakukan navigasi terhadap otak untuk mendapatkan pola atau alur interaksi yang seharusnya.

Untuk melakukan *dynamic programming* dalam menentukan rute optimal, kita harus terlebih dahulu mengetahui jarak antar *neuron*. Jarak antar neuron dihitung dengan pendekatan *Euclidean distance*.

Dengan menggunakan teknik penyelesaian TSP dalam satu *region* pada otak kita dapat mengetahui jarak komunikasi dan *stage* optimal dari sebuah Kelompok fungsionalitas pada otak.

Hal ini dapat digunakan dalam memahami bagaimana cara otak melakukan suatu fungsionalitas tertentu dan mengidentifikasi apakah terjadi kendala pada bagian otak.

Kendala pada bagian otak bisa diidentifikasi dengan membandingkan stage yang dilewati oleh pemeriksa dengan stage yang dilewati oleh variabel kontrol. Dengan ini dapat diidentifikasi apakah terdapat region yang bermasalah dalam menyalurkan informasi yang dapat diakibatkan oleh kemunculan region baru yang menghambat seperti tumor.



Gambar 3.2 *Successful Navigation Path In The Human Connectome*

<https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.1801351115>

TSP yang dicari adalah hanya kumpulan fungsionalitas tertentu dengan tujuan tertentu.

C. Magnetic Resonance Imaging

Magnetic Resonance Imaging merupakan alat umum yang digunakan untuk proses *radiology*. Gambar yang dihasilkan oleh *magnetic resonance imaging* memiliki resolusi yang tinggi dan memberikan contrast warna yang terlihat signifikan merupakan alasan *magnetic resonance imaging* sering digunakan dalam dunia medis.

Hasil yang didapatkan akan berupa hasil scanner hitam putih suatu atau beberapa bagian dari sudut pandang tertentu untuk mendapatkan data yang lebih akurat, Gambar-gambar inilah yang akan digunakan pada process *neuroimaging*. Gambar-gambar tersebut akan dibagi menjadi bagian-bagian tertentu yang dalam *machine learning field* disebut dengan *training data* dan *testing data*.

D. Aplikasi Dynamic Programming pada Koneksi Neuron Neural Network

Neural Network merupakan algoritma yang mengimplementasikan pendekatan dari otak manusia dalam memecahkan dan memberikan solusi yang terbaik untuk suatu permasalahan. *Neural Network* dikatakan meniru kinerja otak manusia karena pada *neural network* terdapat sekumpulan neuron yang berfungsi sebagai fungsi perhitungan matematika tertentu. Perhitungan matematika ini bertujuan untuk melakukan pendekatan terhadap populasi solusi yang diharapkan pada akhirnya. Hubungan antar neuron membentuk sebuah *edge* pada graf yang berfungsi untuk memvalidasi data input sesuai ketentuan tertentu dan menentukan *neuron* mana yang akan diaktivasi pada *stage* berikutnya.

Dalam hal ini, aplikasi *dynamic programming* yang digunakan adalah mencari path dengan hasil fungsi matematika terbesar. Hasil fungsi matematika ini akan dibatasi pada rentang 0 hingga 1 dengan menggunakan prinsip fungsi *sigmoid*. Fungsi matematika yang dituju dengan *dynamic programming* sendiri mengarah ke seberapa dekat neuron suatu gambar ini ke kepingan gambar pada *hidden layer*.

Apabila gambar scan tersebut dibagi menjadi 1x1 pixel untuk diamati dan gambar itu sendiri memiliki ukuran 28x28 pixel maka total *input neuron* yang akan dihasilkan akan sebesar 784 *neuron*.

Langkah penyelesaian dengan *dynamic programming*:

1. Karakteristikan struktur solusi optimal

Tahap (k) merupakan layer yang bertujuan untuk menentukan neuron mana yang akan diaktifkan pada layer lanjutan.

2. Definisikan hubungan rekursif solusi optimal

Relasi rekurens berikut menyatakan bagian mana yang mendekati solusi yang diharapkan.

$$f_1(s) = \sigma(a_1w_1 + a_2w_2 + a_3w_3 + \dots + a_nw_n - \text{bias}) \text{ (basis)}$$

untuk mendapatkan *meaningful edge* maka $a_1w_1 + a_2w_2 + a_3w_3 + \dots + a_nw_n > \text{bias}$

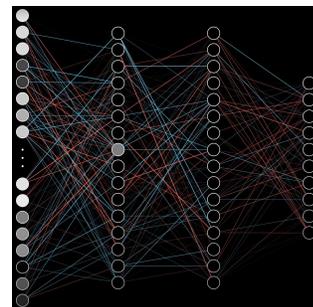
$$f_k(s) = \max \{ \sigma(f_{k-1}(x_k) + \sigma(a_1w_1 + a_2w_2 + a_3w_3 + \dots + a_nw_n - \text{bias})) \} \text{ (rekurens)}$$

$$k = 1, 2, 3, 4$$

3. Hitung nilai solusi optimal

4. Rekonstruksi solusi optimal

Dalam mendapatkan solusi optimal, maka harus terus dilakukan *tuning* yang dilakukan pada *weight* dan *bias* pada neuron. *Weight* dan *bias* pada awalnya akan diset secara random. Diakrenakan hal ini, maka akan terjadi kesalahan pada hasil yang didapatkan untuk awal permodelan. Cara untuk melakukan training terhadap data adalah dengan memberitahukan ke model tersebut bahwa hasil yang dihasilkan salah. Solusi itu bisa dibenarkan dengan menggunakan ekuasi $(x - 1)^2$, dimana x adalah nilai neuron yang benar namun diakui sebagai sebuah kesalahan. Setelah itu akan dilakukan *backpropagation* (tidak akan dibahas pada makalah ini).

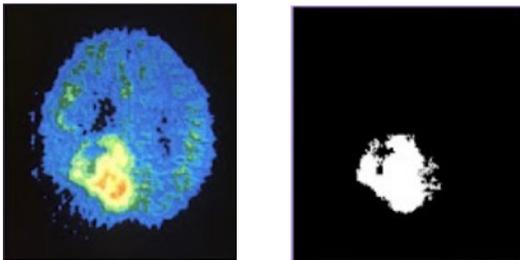


Gambar 3.3 *Neural Network Illustration*

E. Sample Case

Dalam mendeteksi tumor pada otak, lebih bagus digunakan *neuroimaging* daripada *connectome identification*. Hal ini dikarenakan apabila menggunakan *connectomics* maka kita harus melakukan rekonstruksi graf dan membandingkan rute fungsional dengan yang ada pada data control *connectome*. Hal ini tidak efisien dan memiliki nilai akurasi yang rendah dikarenakan mungkin saja tumor tersebut tidak mengganggu transmisi neuron pada otak. *Connectomics* lebih bagus digunakan dalam mempelajari tentang keterhubungan antar neuron untuk memecahkan masalah mengenai kesehatan mental.

Neuroimaging merupakan teknik yang dapat mendeteksi secara akurat dengan *convolutional neural network*. Hal ini dapat dapat menggambarkan secara jelas apakah otak ini terdapat tumor dan tumor jenis apa yang terdapat pada yang muncul pada otak.



Gambar 3.4 Brain Tumor Detection Illustration

<http://engprojectworld.blogspot.com/2019/10/brain-tumor-detection-using-neural.html>

IV. KESIMPULAN

Dynamic Programming merupakan algoritma yang sangat luas digunakan pada dunia nyata. Dengan adanya *dynamic programming* maka kita dapat menyelesaikan sebagian besar persoalan optimasi, meski masih ada persoalan yang mengharuskan dalam penggunaan algoritma *brute force*. *Neural network* merupakan algoritma *deep learning* yang mungkin menggunakan *dynamic programming* dalam penentuan solusi suatu permasalahan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya makalah ini, saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Tuhan, atas hikmat yang diberikan-Nya untuk menyelesaikan makalah serta mata kuliah ini. Saya juga berterima kasih kepada para dosen terutama ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi, S.T., M. Sc selaku dosen kelas saya dalam membimbing saya dalam semester mata kuliah Strategi Algoritma ini.

VIDEO LINK AT YOUTUBE

<https://youtu.be/NWBsF1hfPLI>

REFERENCE

- [1] https://cdn-edunex.itb.ac.id/38015-Algorithm-Strategies-Parallel-Class/93277-Program-Dinamis-Dynamic-Programming/1650178242490_Tambahan-Program-Dinamis.pdf
- [2] https://cdn-edunex.itb.ac.id/38015-Algorithm-Strategies-Parallel-Class/93277-Program-Dinamis-Dynamic-Programming/1650178180466_Program-Dinamis-2020-Bagian2.pdf
- [3] https://cdn-edunex.itb.ac.id/38015-Algorithm-Strategies-Parallel-Class/93277-Program-Dinamis-Dynamic-Programming/1649736980357_Program-Dinamis-2020-Bagian1.pdf
- [4] [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2022-2023/Makalah2022/Makalah-Matdis-2022%20\(39\).pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2022-2023/Makalah2022/Makalah-Matdis-2022%20(39).pdf)
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=IHZvWFHwa-w>
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=aircAruvKk>
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=fpZL-QcOqFs>
- [8] <https://www.youtube.com/watch?v=VLiv7Ygg50E>
- [9] <https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.1801351115>
- [10] [https://www.alodokter.com/mengenal-bagian-otak-dan-fungsinya-bagi-tubuh#:~:text=Meninges%20adalah%20lapisan%20atau%20membran,pi a%20mater%20\(lapisan%20dalam\)](https://www.alodokter.com/mengenal-bagian-otak-dan-fungsinya-bagi-tubuh#:~:text=Meninges%20adalah%20lapisan%20atau%20membran,pi a%20mater%20(lapisan%20dalam))
- [11] <https://www.o8t.com/blog/connectomics#:~:text=Connectomics%20is%20the%20study%20of,to%20produce%20behavior%20and%20cognition>
- [12] <http://yulianus-putra.blogspot.com/2012/03/sejarah-dynamic-programming.html>
- [13] <http://engprojectworld.blogspot.com/2019/10/brain-tumor-detection-using-neural.html>

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 22 Mei 2023

Wilson Tansil, 13521054