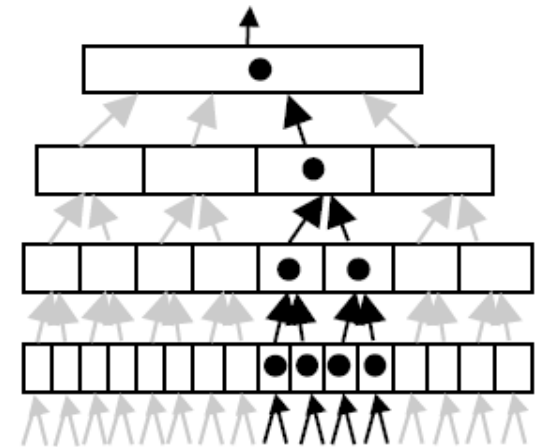
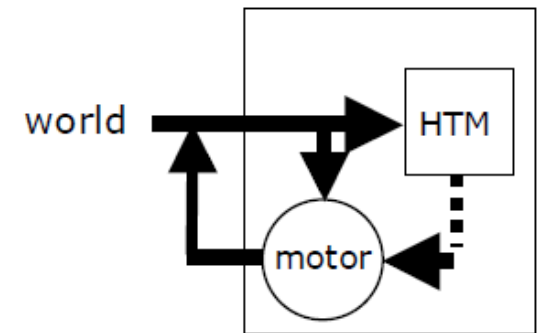
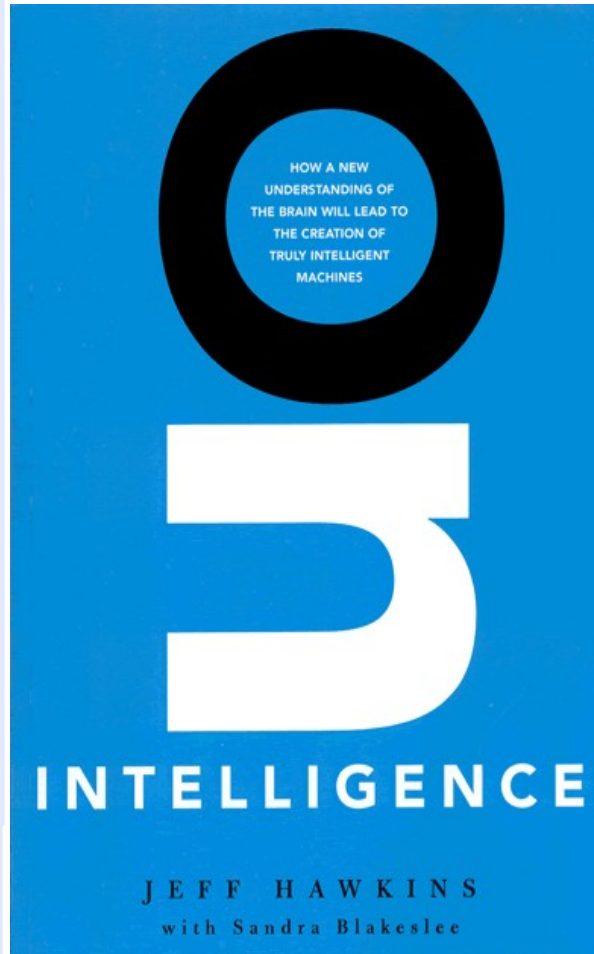


Универсален изкуствен разум Йерархична темпорална памет. Теория на разума на Джеф Хокинс



<http://research.twenkid.com> Twenkid Research Todor Arnaudov

<http://research.twenkid.com>

Тодор Арнаудов

Съдържание

- Лекцията е по статията: *Hierarchical Temporal Memory - Concepts, Theory, and Terminology*, Jeff Hawkins, Dileep George - Numenta Inc, 27/3/2007.
- Кратко въведение към обновения модел на HTM статия от 12/2010.
- Примери от Т.А.

Джеф Хокинс (Jeff Hawkins)

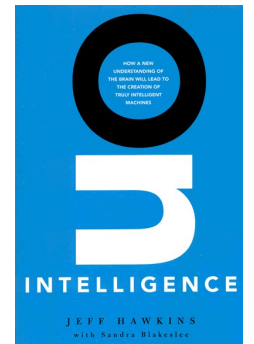


- Компютърен и софтуерен инженер
- Изследовател на човешкия мозък.
- Създател на фирмата за джобни компютри Palm (1992).
- Автор на теорията на разума с предсказване от паметта; книгата „On Intelligence“ (2004).
- Създател на частен институт за изследване на кората на мозъка и на фирмата Numenta, която работи по реализация на йерархичната темпорална памет.



On Intelligence

- Кората на мозъка на човека и бозайниците (най-външната обвивка) е ключова за интелигентността.
- Предсказването
- Само от паметта
- НТМ се опитва да следва предполагаемите принципи на работа на неокортекса.
- Статии, лекции, демота: <http://numenta.com>
- <http://numenta.com/htm-overview/education.php>



Какво може НТМ?

- 1) Открива причинно-следствени връзки.
- 2) Извежда първопричините в нови възприятия, въз основа на опита си.
- 3) Предсказва.
- 4) Насочва поведението.

Какво прави НТМ?

- Открива съществуването на обектите в първичните входни данни
- Чувствата са матрици с данни/изображения/топология, подобно на неокортекса:
Ретина, зрителен нерв --> области от зрителната кора
Слух --> 30 хил. нервни влакна, всяко носи информация за тесен честотен обхват)

Причините

- В началото НТМ не знае причините в света, целта и е да ги разбере – да изгради вътрешно представяне на причините.
- Причините са вероятностни вектори с „вяра“ - степен на увереност за всяка възможна причина, според НТМ.
- Йерархии от причини - едновременно действат много причини
- Причините се предполагат въз основа на опита (миналите възприятия) и настоящето възприятие.

Причини

- СВЕТЪТ ...

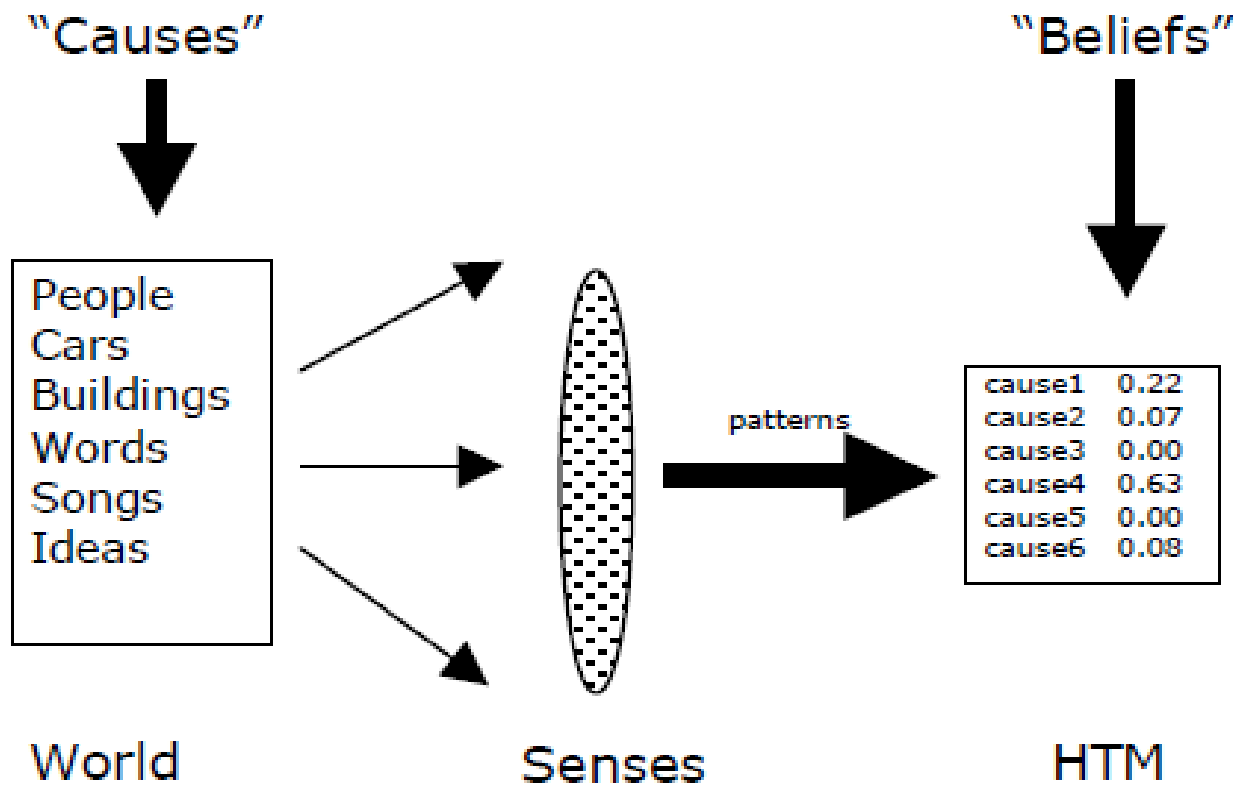


Figure 1

Numenta_HTM_Concepts.pdf

За да може НТМ да се учи:

- Входните данни трябва да отразяват величини, които пряко или непряко се влияят от причините, които се търсят.
- Входните данни трябва да се променят постепенно във времето, като причините които предизвикват промяната трябва да остават относително неизменни.



© Тош

Откриване на причини... А-а-х-а-а!

- Вие сте студент в общежитие, 2 през нощта. Събуждате се от шум. Чувате бебешки плач от терасата.
- Вектор с вяра за причините? (x, y)
 - x – някой е изоставил бебе на вашата тераса
 - y – разгонена котка се е качила на терасата
- В първата секунда - ($\sim 1.0/0.0$) //инстинктивно
- След 5 секунди - ($0.5/0.5$)
- След 10 секунди – спомени от котешки мяукания миналата нощ, звук + образ ($0.0/1.0$)

Извеждане на причините за нови възприятия

- Няколко дни по-късно пак се събуждате в 2 ч и чувате подобни звуци. Почти веднага по-бързо сте сигурни за причината.
- Спомнете си също за кондиционирането (асоциативното обучение).

3. Предсказване.

- При настоящото възприятие, коя е най-вероятната бъдеща поредица от възприятия/събития/причини?
- Предвиждане – предварителна вероятност, очакване
- Въображение и планиране – задавате/приемате определени предпоставки и си представяте какво ще се случи след това.

Спомнете си за веригите на Марков, скритите модели на Марков и т.н.

4. Поведение

- Открива причинно-следствените връзки между двигателните команди и възприятията.
(Хората и бозайниците (и птиците?) се учат така.)

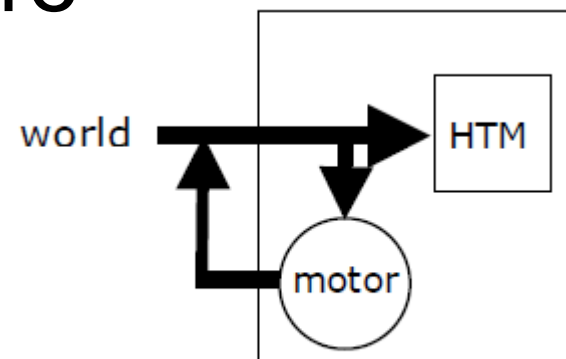
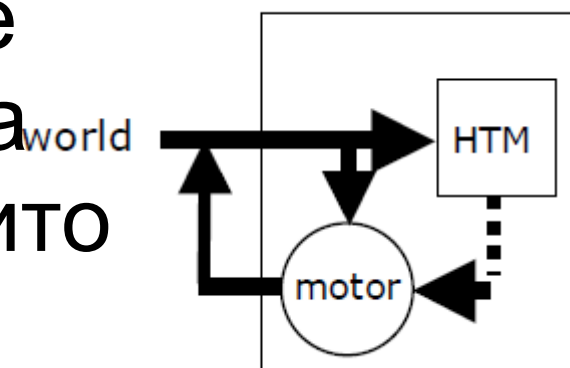


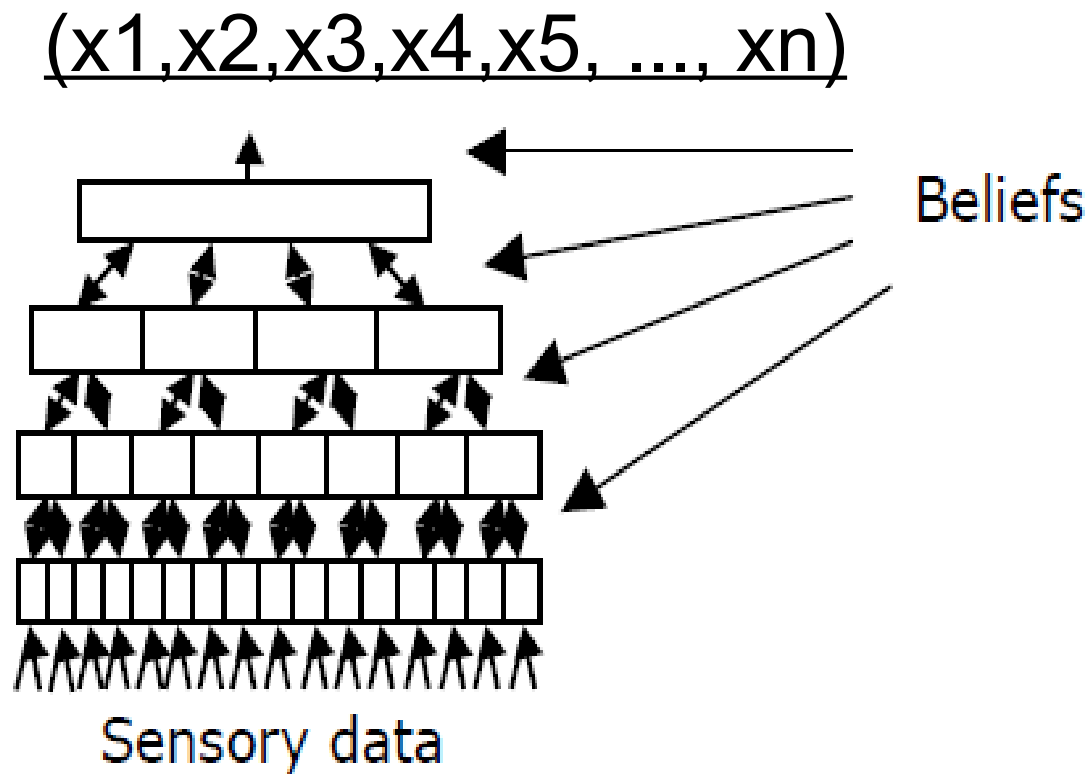
Figure 2a

- Според настоящите и желаните възприятия за света, предсказва такива двигателни команди, които да предизвикат целевите възприятия.



Как НТМ открива и извежда причини

- Йерархия от възли.
- Всеки възел ползва един и същ механизъм за обучение и прави същото което и цялата йерархия.
- Вход са усещанията, $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \dots, x_n)$ а изходът е вектор с вероятности за предполагаеми причини за тях.
- Всеки възел изследва времепространствени зависимости във входните данни.



Как НТМ открива и извежда причини

- Съвпадения – стимули/модели, които се появяват заедно в **пространството** се затвърждават в по-големи модели.

След това:

- Пространствени модели, които устойчиво се появяват в един и същи ред във **времето** се затвърждават в модели в по-големи във времето.
- И т.н.

Как НТМ открива и извежда причини

- Изходът на всяко ниво е вход за следващото.
- Възлите на най-ниското ниво получават информация от много малки области от сензорното пространство (*спомнете си за зрителната и слуховата кора и пр.*)
- Възлите на по-високи нива получават обобщена информация от големи области от сензорното пространство и търсят по-абстрактни причини. (*ъгли, ръбове, линии --> прости геом. фигури --> ръка, крак, нос --> човек --> Пешо Георгиев*)
- На всяко ниво от йерархията има вероятностни вектори за причини, не само на последното.

Как работи йерархията

- Възелът работи с краен брой причини и изходни променливи - не добавя нови, а с обучението **придава смисъл на причините.**
 1. Входните данни за всеки възел се разделят на точки на дискретизация (quantization points) и им се задава предварителна вероятност.
 2. Възелът преценява до коя точка е най-близо входният сигнал (шаблон) и го поставя там.
 3. Възелът търси зависимости в последователностите от сигнали и присъединява вероятност дали входният сигнал е част от съответна последователност и ги праща нагоре.

Как работи йерархията

- Възелът праща информация и надолу към по-ниското ниво с вероятностното разпределение на *входните сигнали спрямо точките на дискретизация.*
- Възелът праща информация нагоре с вероятностното разпределение на *последователностите от точки на дискретизация.*
- Възел от по-горно ниво получава обобщена информация от всички съседни му възли от по-долното ниво и задава точки на дискретизация за най-често срещаните съвпадащи причини.

Как работи йерархията

- Тъй като получава само *причини от по-долното ниво*, по-горното ниво в йерархията може да се учи да представя нови причини, които се обясняват само от *тях*.
- Ефективност откъм памет – споделени представяния на модела на света/възприятията.
- Недостатък - затруднява разпознаване на нови обекти, които не са съставени от по-стари под-обекти.
- *Това не е проблем, защото новите обекти в света обикновено са съставени от съчетания от по-рано научени под-обекти. - Д. Хокинс*

НТМ и теорията на Т. А.

- Спомнете си за йерархиите от управляващи устройства/въображаеми вселени в теорията на Тош.
- Освен казаното от Хокинс, недостатъкът не е фатален, защото йерархията трябва да **започне да се учи от най-първичните причини** (входните данни) с **максимална разделителна способност на възприятие и управление** – пиксели, честотни компоненти, двигателни команди и пр. Виж още Б. Казаченко.

**** При човека, повечето обекти (от всякакъв вид) не се запомнят "фотографски", а се "преразказват" в мозъка, записват се най-характерните особености на информационните обекти, входната информация се компресира. Във "фотографска", "фонографска", "текстографска", "стереографска" (пространствена) и пр. памет вероятно се съхраняват само основните понятия. (...) Хитро е новопостъпилият информационен обект да се обясни с наличните информационни обекти. Просто му се дава етикет, а същността му се описва с известните понятия, като се използват техните етикети - връзки към значението им, съдържащи само "адрес". Ние хората наричаме такова запомняне "разбиране" и "осмисляне". - из Човекът и Мислещата машина, Тодор Арнаудов, 2001*

Защо йерархията работи?

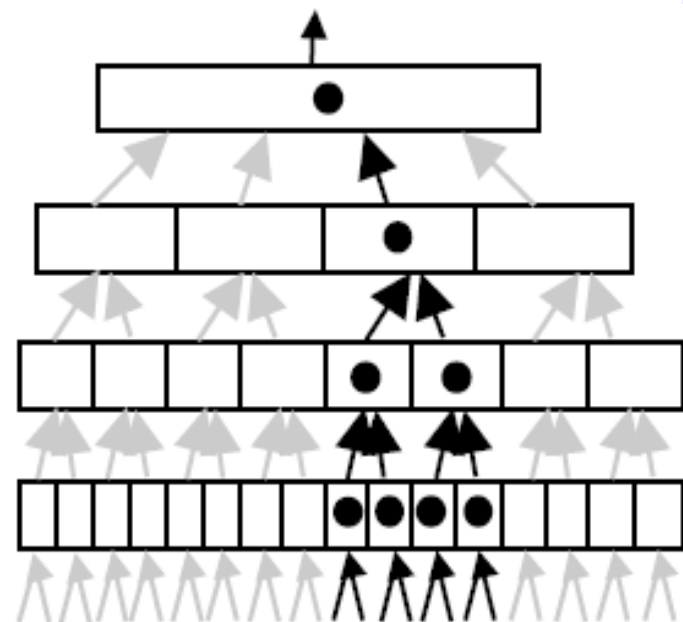
- Светът е йерархичен... (виж и теорията на Т. А.)
- *Пространствена близост* на едно ниво от йерархията (напр. черти на лицето)
- *Времева близост* между нива на йерархия. В езика: фонема-->дума-->израз...
- *Зависимостта между два стимула е толкова по-значима, колкото те са по-близо помежду си във времето и пространството. (С качване в йерархията, времето се компресира и могат да се обхванат/“доближат“ големи времеви и пространствени области.)*

Разпространяване на вери

- НТМ прилича на Мрежа на Бейс – свързан граф, представящ множество от вери.
- В мрежите на Бейс, възел А може да промени вярата на възел Б, ако двата са свързани чрез таблица на условната вероятност (ТУВ, СРТ).
- Мрежи на Бейс – забранени цикли заради опасност от самоподсилване/фалшиви вери
- НТМ - допустими, има много входни и изходни връзки и е малко вероятно да зацикли
- Позволява стабилизиране на възлите в положения, които са съвместими за всички нива.

Внимание

- **Скрито внимание** (covert attention)
- **Потискане/подсилване** на определени пътища
- **Отдолу-нагоре - неочаквани, изненадващи стимули**
Котенце чува шум и се обръща.
- **Отгоре-надолу – очаквани стимули**
Котенцето гледа нагоре към вашата тераса.



Как възлите откриват причини?

- **Причина** – устойчива или повтаряща се структура в света (усещанията)
- **Два типа схеми/модели (patterns)** – времеви и пространствени
- Когато два стимула устойчиво се появяват едновременно по-често от случайното, те вероятно са причинени от нещо общо.
- Когато два последователни стимула устойчиво се появяват един след друг, също вероятно имат обща причина.

Как възлите откриват причини?

- **Във всеки момент за всеки стимул (вход):**
 - придава вероятност за съвпадение с всички възможни появяващи се заедно пространствени шаблони: $Pattern(p1, p2, p3, \dots, pn)$
 - след това взима тези вероятности, съчетава ги с информацията за предишното състояние и придава вероятност дали текущото състояние е част от заедно появяваща се последователност. $Seq(\dots)$
 - вероятно разпределение върху множеството от последователности се изпраща нагоре в йерархията.
 - ако НТМ е в режим на обучение, може да се променят времевите и пространствени шаблони.

Примерни шаблони

Common patterns:
remember



Uncommon patterns:
ignore



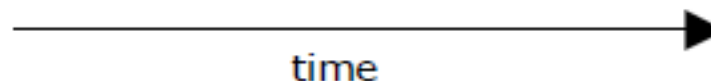
Common sequence:
assign to cause



Common sequence:
assign to cause



Uncommon sequence:
ignore



Как възлите откриват причини?

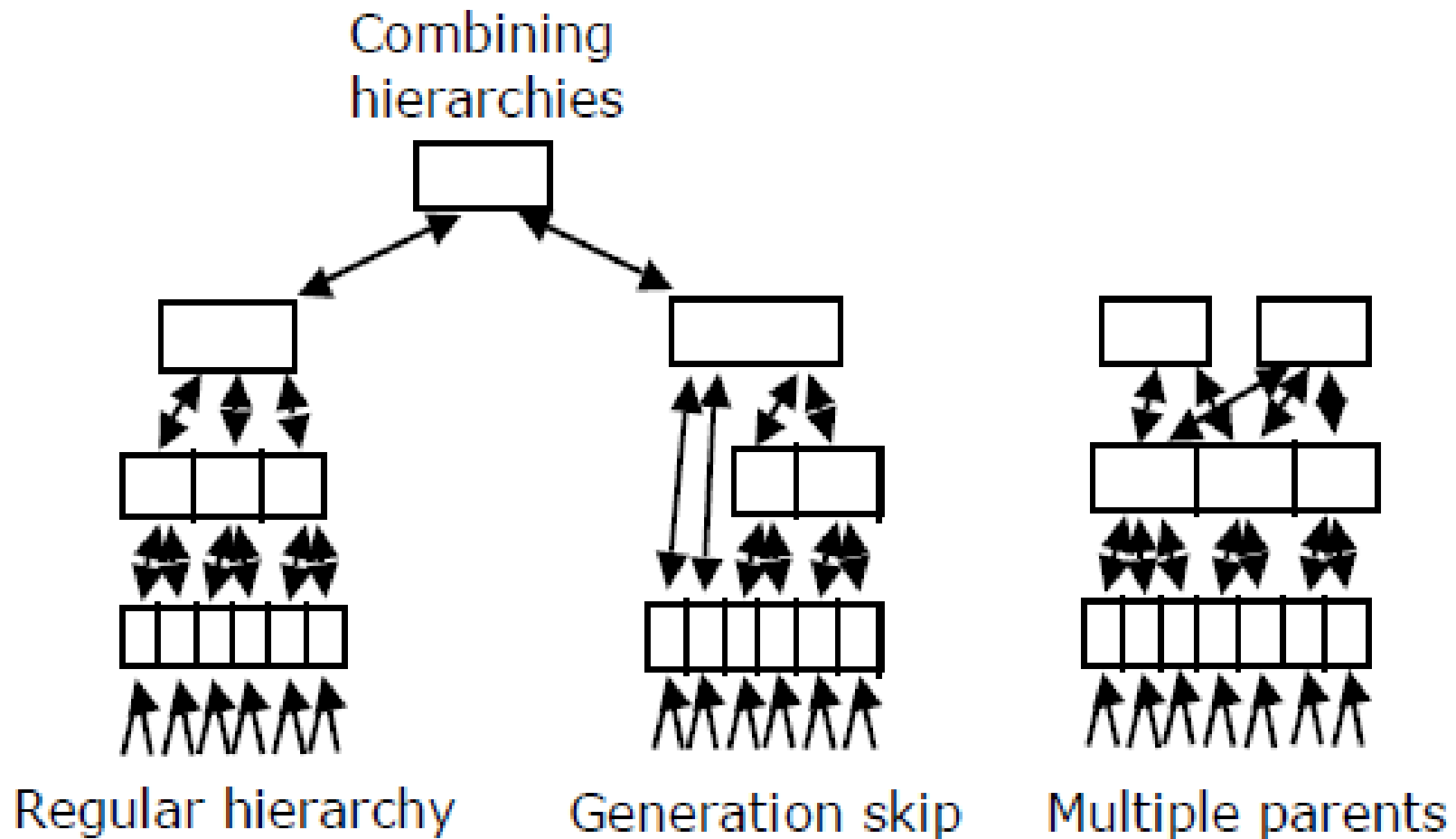
- **В режим на предсказване:**
 - използва паметта за последователности, за да предскаже следващия стимул
 - предсказанието представлява разпределение на вероятностите върху научените пространствени шаблони (0.1, 0.4, 0.2, 0.125, 0.05, 0.08, ...)
 - предсказанието се изпраща **надолу** към по-ниските нива на йерархията, за да насочи очакванията им.
- **Критика от Б. Казаченко**
 - *4x4 минимално зрително поле е прекалено много и води до бърз комбинаторен взрив; трябва да се започне от 1 пиксел и съседни пиксели.*

Често задавани въпроси и др.

- НТМ моделира света без да запомня конкретни подробности или събития, докато мозъкът има и епизодична/биографична памет?
- *Да, НТМ обобщава и замъглява подробностите (както вероятно и кората на мозъка)*

Хокинс цитира **хипокампуса** и връзката между него, емоциите и декларативната дълготрайна памает, и твърди, че имали решение – добавка към НТМ.

Допустими варианти на свързване



Обобщение

- НТМ може да работи с многоизмерни входни данни.
- Представянията на върха на йерархията са причини от най-високо ниво. Те са най-устойчиви във времето и могат да се простират върху цялото входно (сензорно) пространство.
- Причините на по-ниско ниво покриват по-кратки периоди от време и по-малки пространства от входното пространство.

Обобщение

- Когато НТМ открие причина, може да открие цяла възможна йерархия от подпричини.
- Възлите могат да използват запомнените подследователности, за да предсказва какво ще се случи, и това е в основата на въображението и насочването на поведението.
- Скрито внимание (covert attention) - избирателно потискане/изключване на пътища в йерархията.
- Насочено внимание (attentional priming) – изрично задаване на желана вяра на върха на йерархията.
- Явно внимание (overt attention) – работа с обекти чрез поведение.

Обобщение

- Вид дървовидна мрежа на Бейс, но за разлика от мрежите на Бейс се самообучава и има добре определени отношения родител-дете между възлите.
- Обучението и изводите се правят върху променящи се във времето входни данни, въпреки че в някои случаи, като зрението, е възможно да се правят изводи и от статични входни данни.
- Чрез техники подобни на разпространяване на вери всички възли в мрежата се уравновесяват до вероятности, които са съгласувани помежду си по цялото продължение на йерархията.
- Предсказанията от горе-надолу могат да повлияят на процеса на извеждане като отклонят мрежата така че да се установи на предсказаните (очаквани) причини.

Обобщение

- Основани са на памет (не на изчисления) и трябва да „изучат“ света в който са предназначени да работят.

Обобщение

- НТМ моделира света без да запомня конкретни подробности или събития, докато мозъкът го може? (епизодична/биографична памет)
 - Да, ХТМ обобщава и замъглява подробностите. Хокинс цитира хипокампуса и връзката между него, емоциите и спомените, и твърди, че имали решение – добавка към ХТМ.

Обновен модел, 2010 г.

- HTM Cortical Learning Algorithm
- По-близък до невронна мрежа и опит за по-точно „буквално“ моделиране на неокортекста.
- „Клетки“, които се групират в колонии (неокортексни колонии)
- Входните данни активират множества от клетки. Активните клетки потискат другите.
- Всеки стълб има слоеве, подобни на слоевете от неокортекса.
- http://numenta.com/htm-overview/education/HTM_CorticalLe

<http://numenta.com/htm-overview/htm-algorithms.php>

Обновен модел, 2010 г.

- *Какво прави всеки слой?*

-

-

<http://numenta.com/htm-overview/htm-algorithms.php>

Връзки

- <http://numenta.com/>

http://numenta.com/htm-overview/education/HTM_Comparison.pdf