

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی کامپیوتر

سیستم‌های جمعی

Collective Systems

جعفر محمدی
مهر ۱۳۸۹



فهرست مطالب

✧ ناتمامیت علوم و به ویژه علوم کامپیوتر

✧ قضایای ناتمامیت گودل

✧ مساله توقف و قضیه رایس

✧ توابع امگا

✧ ناتمامیت علوم کامپیوتر

✧ مسائل ناتمام علوم کامپیوتر

✧ جمع سپاری

✧ سیستم‌های ترکیبی

✧ دیدگاه اتصال‌گرایی

✧ هوش گروهی مناسباتی

✧ فعالیت‌های مرتبط

✧ رویکرد سیستم‌های جمعی

✧ جمع‌بندی

قضایای ناتمامیت گودل

◇ هدف: نشان دادن عدم امکان یافتن اصول موضوعه‌ای سازگار برای کل ریاضیات (مشهور به برنامه هیلبرت)

◇ خلاصه: عبارات درستی در حوزه اعداد طبیعی وجود دارند که درستی آنها قابل اثبات نیست.

◇ مراحل اثبات

◇ سافت یک فرمول مساب G ، معادل مک $\neg G$: فرمول G قابل اثبات نیست.»

◇ بیان اینکه این عبارت قابل اثبات است اگر و فقط اگر نفی آن قابل اثبات باشد. و این یعنی ناسازگار بودن منطق مساب یا غیر قابل اثبات بودن (تصمیم‌ناپذیر بودن) G .

◇ نشان دادن درست بودن مفهومی G ، علیرغم غیر قابل اثبات بودن آن با استنتاج صوری از اصول مساب.

◇ ناکامل بودن مساب بدلیل هم درست و هم تصمیم‌ناپذیر بودن G .

◇ اثبات اینکه «اگر مساب سازگار باشد، ناکامل است» و در نهایت نشان دادن اینکه «سازگاری مساب قابل اثبات نیست.»

◇ نتیجه

◇ همه مقایق مساب را نمی‌توان از اصول متعارف آن استنتاج کرد.

◇ مساب بطور ذاتی ناکامل است.

مساله توقف تورینگ

یادآوری ✧

✧ تز تورینگ: هر ماشین تورینگ می‌تواند توسط یک ماشین تورینگ عمومی شبیه‌سازی شود.

✧ قضیه Church-Turing: هر عمل قابل مناسبه‌ای (الگوریتم‌واری) توسط یک ماشین تورینگ عمومی قابل انجام است.

مساله توقف تورینگ ✧

✧ الهام از عبارت گودل (این عبارت واقعیت فاصی را در مورد خود آن عبارت مورد سوال قرار می‌دهد).

✧ صورت مساله: هیچ ماشین تورینگی نمی‌تواند در مورد توقف یا عدم توقف ماشین تورینگ دیگری اظهار نظر کند.

✧ تصمیم مساله تمت عنوان قضیه رایس: هر سوال غیر بدیهی در باره رفتار یا فروجی یک ماشین تورینگ تصمیم ناپذیر است.

اثبات ✧

✧ فرض فلف: مساله توقف‌پذیری یک ماشین تورینگ تصمیم‌پذیر است - وجود ماشین تصمیم گیرنده $h(p,i)$

✧ تعریف تابع $t(i)$ بصورت $\text{Program } t(\text{input } i) \{ \text{if } h(i,i)=0, \text{ stop; else loop forever; } \}$

✧ رسیدن به تناقض در بررسی توقف ماشین تورینگ t با ورودی t .

✧ پس فرض خلف نادرست بوده و مساله تصمیم‌پذیری یک ماشین تورینگ تصمیم‌ناپذیر است.

ثابت‌های امگا

یادآوری ✦

✦ اعداد مناسب‌پذیر: بخش اعشاری آنها می‌تواند توسط یک الگوریتم تولید شود.

✦ اعداد مناسب‌ناپذیر: هیچ الگوریتمی برای تولید آنها وجود ندارد (مثال=?)

✦ تعداد اعداد مناسب‌ناپذیر: شمارایی ماشین‌های تورینگ (تولید کننده‌های اعداد مناسب‌پذیر) در مقابل ناشمارایی اعداد حقیقی

ثوابت امگا ✦

✦ احتمال توقف یک ماشین تورینگ که به تصادف از بین همه ماشین‌های تورینگ انتخاب شود، چقدر است؟

✦ فرموله کردن مساله با استفاده از معادلات دیوفانتی و نشان دادن مناسب‌ناپذیری امگا

سوپر امگاها ✦

✦ وجود یک امگای جدید، حتی در صورت مناسب‌پذیری امگا توسط یک کامپیوتر فداگونه

✦ سوپر امگای ۱: احتمال تولید تعدادی متناهی خروجی توسط یک سری محاسبات نامتناهی.

✦ سوپر امگای ۲: احتمال fail کردن یک سری محاسبات نامتناهی در تولید خروجی.

✦ نتیجه: هرگز نمی‌توان کامپیوتری ساخت که بتواند همه چیز را محاسبه کند.

❖ نتیجه‌گیری از مطالب ذکر شده

❖ علوم قادر به حل تمامی مسائل نیستند.

❖ بسیاری از مسایل طبیعی غیر الگوریتمی هستند و توسط علوم فعلی غیر قابل حل هستند.

❖ سایر شواهد ناتمامیت علوم کامپیوتر

❖ تفکر غیر الگوریتمی: در تفکرات انسان‌ها کلمات جایی ندارند - بیان الگوریتمی با کلمات اتفاق می‌افتد.

❖ مشکل فودآگاهی: اعتقاد به ناقص بودن تعریف هوشمندی بدون فودآگاهی - ماهیت غیر الگوریتمی فودآگاهی

❖ سؤال

❖ «آیا این محدودیت در قالب همان تئوری‌ها باقی می‌ماند یا در مسائل عملی نیز فود را نشان می‌دهند؟»

مسائل ناتمام علوم کامپیوتر

مشکل نبود پایگاه داده حس عام ✧

عمده‌ترین دلیل پیشرفت‌های کُند در زمینه‌هایی نظیر درک زبان طبیعی ✧

عدم دسترسی ماشین به معانی کلمات و اشیا به آن صورتی که انسان‌ها می‌فهمند ✧

وجه مختلف مشکل: سافت، نمایش و استفاده ✧

دسته‌بندی مسائل ناتمام ✧

مسائل نیازمند پایگاه دانش مس عام یا ناشناخته برای انسان (غیر الگوریتمی) ✧

فعالیت‌هایی که نیاز به درک ممیط یا مساله دارند. ✧

فعالیت‌هایی که نیاز به یک عمل سطح بالاتر در مورد رفتار یا عملکرد فود آن ماشین دارند. ✧

فعالیت‌هایی که نیاز به یک عمل سطح بالاتر در مورد رفتار یا عملکرد ماشین‌های دیگر دارند. ✧

فعالیت‌هایی که نیاز به یک عمل سطح بالاتر در مورد رفتار یا عملکرد انسان‌ها دارند. ✧

فعالیت‌هایی که نیاز به یک عمل سطح بالاتر در مورد مفاهیم و مقایق کلی موجود در جهان دارند. ✧

جمع‌سپاری - ۱

جمع‌سپاری معادلی برای crowdsourcing ✧

ترکیبی معنایی از دو عبارت فرد جمعی و برون‌سپاری ✧

ویکی‌پدیا: برون‌سپاری - بوسیله یک کارفرما - به گروه بزرگی از مردم - از طریق فرافوان ✧

کاربردهای جمع‌سپاری ✧

خلق و ایجاد، نیروهای آماده بکار، تمقیق و توسعه (R&D)، ایده‌پردازی و ایده‌پروری، سرمایه‌گذاری جمعی، پیش‌بینی، سازمان‌دهی و هوش جمعی . ✧

هوش جمعی ✧

هدف: انجام پروژه‌ها یا وظایف بصورت فرد شده توسط اعضای شبکه ✧

شکستن پروژه‌ها یا وظایف به تعداد بسیار زیادی ریز وظیفه ✧

ادغام جواب‌های ریز وظایف و بدست آوردن جواب وظیفه یا پروژه نهایی ✧

شبکه‌های عام منظوره یا خاص منظوره (تایپ انسانی متون دست‌نوشته، برای تصحیح متون ماشینی دیجیتالی شده، ✧

لیبل‌گذاری تصاویر، تست برنامه‌های کاربردی تحت موبایل و ...)

جمع‌سپاری - ۲

جمع‌سپاری و استخراج دانش ✧

دانش «پراکنده» و «پنهان» در شبکه‌ها ✧

پراکندگی: عدم دسترسی هیچ عضوی به همه دانش ✧

پنهان: لزوم صرف انرژی توسط عضو برای دستیابی به آن بخش از دانش قابل دسترسی ✧

عدم علاقه اعضا به صرف انرژی برای پیدا کردن دانش پنهان شبکه ✧

توانایی دسترسی ناظر سطح بالاتر به دانش شبکه با بهره‌گیری از اعضای آن شبکه ✧

مثال: مسابقه بالن‌های قرمز دارپا ✧

جمع‌سپاری معمولی در مقایسه با جمع‌سپاری هوشمند ✧

فعالیت‌های نیازمند هوشمندی ✧

اختصاص ریز وظیفه‌ها به مناسب‌ترین اعضای شبکه، جمع کردن نتایج ریز وظیفه‌ها، تشخیص خطاهای انجام ریز وظایف ✧

توسط اعضای شبکه، مجتمع کردن ریز وظایف و تولید پاسخ نهایی و تضمین درستی جواب وظیفه اصلی تا سطحی مشخص

مثال: پروژه txtEagle ✧

◇ دلایل روی آوردن به سیستم‌های ترکیبی

- ◇ ماشین‌های امروزی قادر به حل مسائل ساده غیر الگوریتمی نیستند ولی انسان‌ها به راحتی می‌توانند این مسائل را حل کنند.
- ◇ سرعت و دقت پردازش کامپیوترها در مقایسه با انسان‌ها بسیار بیشتر است.
- ◇ نتیجه: ترکیب قدرت غیر الگوریتمی مغز انسان‌ها و سرعت و دقت کامپیوترها منطقی به نظر می‌رسد.

◇ انواع ترکیب

- ◇ ادغام انسان و ماشین: جاسازی چیپ‌ها یا الکترودها در بدن موجودات زنده
- ◇ ترکیب فعالیت‌های انسان و ماشین و ایجاد شبکه جمعی از آنها (سیستم‌های جمعی)

◇ دیدگاه اتصال‌گرایی

- ◇ **مماسبه‌گرایی:** مماسبات پیمیده مغز بوجد آورنده فرآیندهای رفتاری و ذهنی (ماشین‌های تورینگ)
- ◇ **اتصال‌گرایی:** پدیده‌های رفتاری یا ذهنی ناشی از عملکرد شبکه بهم پیوسته‌ای از بخش‌های ساده (شبکه‌های عصبی)
- ◇ **ارتباطات موجود مابین تعداد زیادی از نرون‌های فیزیکی باعث بوجد آمدن فرآیندهای ذهنی (غیر فیزیکی)**
- ◇ **ابزار توجیه بوجد فرآیندهای ذهنی توسط مادی‌گرایان**

◇ هوش گروهی محاسباتی

- ◇ **نزدیکی معنایی بالایی به دیدگاه اتصال‌گرایی (قابلیت توضیح عملکرد مغز با استفاد از مفهوم کلونی مورچه‌ها)**
- ◇ **هوش و توانمندی‌های محدود هر مورچه در مقایسه با رفتار جمعی بسیار پیچیده و هوشمند یک کلونی از مورچه‌ها**
- ◇ **هیچکدام از مورچه‌ها به تنهایی نمی‌توانند کل پروژه را تصور کرده یا عملکرد مورچه‌ها و نتیجه نهایی را دریابند یا به تنهایی به آن دست یابند.**
- ◇ **سوال: آیا می‌توان به جای یک کلونی مورچه‌ها، یک شبکه جمعی از آدم‌ها را داشت؟**

✧ مرکز مطالعات هوش جمعی (MIT CCI)

✧ هدف: مطالعه نقش تکنولوژی‌هایی (نظیر کامپیوتر و اینترنت) بر هوش جمعی (همکاری افراد در انجام فعالیت‌هایی که هوشمند بنظر برسد) و چگونگی بهره‌برداری از آنها

✧ مساله پژوهشی: «چگونه می‌توان افراد و کامپیوتر را با هم مجتمع کرد به قسمی که ترکیب بوجود آمده هوشمندتر از هر دو جز تشکیل دهنده باشد؟».

✧ پروژه‌ها

✧ تهیه کتاب راهنمای هوش جمعی با مشارکت همه علاقمندان به صورت یک **wiki**

✧ پروژه «همیاری آب‌وهوا» با هدف «استفاده از هوش جهان به منظور نجات سیاره»

✧ پروژه «اندازه‌گیری هوش جمعی» با هدف دستیابی به ابزاری برای اندازه‌گیری هوش یک گروه از افراد

سیستم‌های جمعی - ۱

چارچوب کلی رویکرد

- هدف: پاسفگویی به مساله پژوهشی «چگونه می‌توان افراد و کامپیوتر را با هم مجتمع کرد به قسمی که ترکیب بوجود آمده هوشمندتر از هر دو جز تشکیل دهنده باشد؟»
- ابزار مورد استفاده: شبکه‌های جمعی
- سناریوی کلی رویکرد
- انتخاب مساله هدف، شکستن آن به زیر مسائل، حل مسائل توسط اعضای یک شبکه جمعی، تشخیص نويزها و اشتباهات سهوی و عمدی، تجميع پاسخ‌های زیر مسائل و ارائه جواب نهایی با درصد اطمینانی قابل قبول
- کارایی سیستم از دیدگاه‌های فلسفی ماده‌گرایی و دوگانه‌انگاری
- دورنمای آینده سیستم‌های جمعی
- جنبه‌های تاریک رویکرد
- نشان دادن کارایی رویکرد
- جامعه هدف مسائل
- معماری و اجزای سیستم

سیستم‌های جمعی - ۲

نشان دادن کارایی رویکرد

انجام فعالیت‌های زیر طبق پیشنهاد توماس مالون مدیر مرکز CCI

جمع‌آوری مثال‌ها یا مطالعات موردی موجود در این زمینه

ساخت مثال‌های جدیدی از این پدیده و مطالعه بر روی چگونگی کارکرد آنها

جامعه هدف مسائل

هر مساله‌ای با ویژگی‌ها زیر

قابل شکست به تعداد زیادی زیر مساله باشد.

بخشی از این زیر مسائل نامحاسباتی (غیر الگوریتمی) بوده و به آسانی توسط اعضای شبکه جمعی قابل حل باشند.

قابلیت حل زیر مسائل بصورت موازی امکان‌پذیر باشد (یا اینکه وابستگی‌های بسیار کمی بین آنها وجود داشته باشد).

روش الگوریتم‌واری برای اعتبارسنجی پاسخ‌های ارائه شده توسط اعضای شبکه جمعی انسانی وجود داشته باشد.

روش الگوریتم‌واری برای شکست مساله و ترکیب زیر مسائل وجود داشته باشد.

مثال: رویکرد سیستم جمعی مساله بازیابی محتوایی تصویر، ترجمه، رونویسی فایل‌های صوتی، تست بتای نرم‌افزارها،

کشف فضاها (ف داده) در سیستم‌های هوشمند کلاسیک نظیر برنامه‌های OCR و ...

سیستم‌ها جمعی - ۲

- ◇ معماری و اجزای سیستم
- ◇ روشی برای شکست مساله اصلی به زیر مسائل
- ◇ الگوریتم‌ها (برنامه‌ها)ی که بتوانند زیر مسائل الگوریتمی را حل کنند.
- ◇ شبکه‌ای از آدها که بتوانند زیر مسائل غیر الگوریتمی را حل کنند.
- ◇ مهم‌ترین مسائل مرتبط: نحوه شکل‌دهی شبکه، ارتباطات بین اعضای آن، سیستم انگیزشی بکار گرفته شده برای ترغیب افراد شبکه به همکاری بیشتر و کارا، روش‌هایی کشف پاسخ‌های اشتباه
- ◇ روش‌هایی برای ترکیب نتایج زیر مسائل حل شده
- ◇ روش‌هایی برای سنجش کارایی سیستم در حل یک مساله
- ◇ عوامل موثر در کارایی: نوع وظایف تزیق شده به شبکه، اطلاعات مربوط به وظایف که در اختیار اعضای شبکه قرار می‌گیرد، پیوستگی اعضای شبکه، میزان تبادل اطلاعات، نحوه سازماندهی کل سیستم، نحوه تخصیص وظایف، آموزش اعضا در راستای وظایف و ...
- ◇ روش‌هایی برای یادگیری سیستم
- ◇ مدل‌سازی کاربران و یادگیری بازدهی افراد مختلف در مسائل متفاوت، شناسایی منابع ایجاد نویز و نتایج نادرست در شبکه و ...
- ◇ روش‌های برای تضمین کیفیت پاسخ‌های نهایی تولید شده توسط سیستم

- ✧ علوم و به ویژه علوم کامپیوتر ناتمام هستند.
- ✧ مسائل زیادی هستند که غیر الگوریتمی‌اند و توسط ماشین‌ها غیر قابل حل می‌باشند.
- ✧ تعداد مسائل ناتمام بسیار زیاد بوده و طیف گسترده‌ای از نیازهای فعلی را شامل می‌شوند.
- ✧ شبکه‌های جمعی قدرت اطلاعاتی بالایی در استخراج دانش و حل مسائل دارند.
- ✧ از دید عملکردی می‌توان از شبکه‌های جمعی برای حل تعداد زیادی از مسائل ناتمام علوم کامپیوتر بهره برد.
- ✧ این کار نیازمند داشتن سیستم‌های کارا با معماری مناسب است.
- ✧ مسائل بسیاری در زمینه معماری این سیستم‌ها وجود دارند که هنوز فعالیت جدی‌ای بر روی آنها صورت نگرفته است.

از توجه شما سپاسگزارم!

محمدی - مهر ۱۳۸۹