نشست علمی تخصصی هنر، معماری و شهرسازی عصر پنجشنبه‌ها

محل برگزاری: سالن اجتماعات مهندسین مشاور هرم‌پی

زمان: پنجشنبه ۷ دی ماه ۱۳۹۶

عنوان: هوش جمعی و هوش اجتماعی ـ در هنر و معماری

سخنرانان و اعضای پنل: مهندس آیدا فضلی و مهندس نیما شامندی

چکیده‌ای از سخنرانی‌ها:

سخنران اول و دوم: خانم مهندس آیدا فضلی آقای مهندس نیما شامندی

امروزه استفاده از رایانه در روند ارزیابی یک طراحی معمول است به‌طوری که ارزیابی‌های سازه‌ای از روندهای معمول این موضوع می‌باشند. از گزینه‌های ارزیابی پس از اینکه چند نمونه از اسکیس‌های طراحی تهیه شدند استفاده می‌شود که می‌تواند در زمینه‌های مختلفی از جمله ارزیابی سازه‌ای، ارزیابی محیطی و یا ارزیابی حرکت انسان در یک مجموعه باشد که البته بسیار روشن است که مرحله ارزیابی در ارتباطی تنگاتنگ با مرحله‌ی خلاقانه طراحی قرار دارد.

طراحی پارامتریک: تمامی طراحی‌هایی که از چندین پارامتر گوناگون تشکیل شده‌اند پارامتریک می‌باشند که این پارامترها می‌توانند در معماری شامل عملکردهای مختلف فضاها، ابعاد و اندازه‌ها و... باشند. اما امروزه اصطلاح طراحی پارامتریک به عنوان نوعی از طراحی پارامتریک اتوماتیک شناخته می‌شود که در آن وقتی کاربر پارامترهای متفاوت طرح را تغییر می‌دهد رایانه به صورت خودکار طرح را تغییر می‌دهد. واضح است که وقتی این پارامتر به عملکرد یک بنا تبدیل می‌شود و با تغییر آن به عنوان مثال از یک سالن کنسرت به یک مدرسه به راحتی نمی‌توان طرح را تغییر داد، در نتیجه این نوع از طراحی بیشتر معطوف به طراحی جزییات می‌باشد.

سیستم‌های پیچیده: "منظور از سیستم‌های پیچیده سیستم‌هایی متشکل از اعضای گوناگون در تعداد بالاست که نه تنها در تعداد زیاد هستند بلکه روابط پیچیده‌ای نیز با یکدیگر دارند. آنها فقط مجموعه‌ای از اعضا نیستند که یک سیستم را تشکیل می‌دهند بلکه اعضای با روابط گوناگون هستند که اینگونه سیستم‌ها را پدید می‌آورند. در طبیعت اینگونه سیستم‌های پیچیده به وفور یافت می‌شوند که می‌توان رفتار دسته جمعی خیلی از موجودات همچون ماهی‌ها را از آن جمله دانست.

ایمرجنس: "ایمرجنس به پیدایش ساختارها، الگوها و ویژگی‌های جدیدی گفته می‌شود که در حین روندی خود سازمان‌دهی شده در یک سیستم پیچیده رخ می‌دهد. در واقع پدیده امرجنس به گونه‌ای در مقیاس ماکرو شبیه‌سازی شده است که در واقعیت این پدیده توسط ذراتی در مقیاس میکرو رخ می‌دهد."

از نمونه‌ای بارز این پدیده در طبیعت خروج یک مایع از یک دریچه و یا به عنوان مثال خروج سس از بطری آن است.

الگوریتم ژنتیک: داروین برای اولین بار در سال 1880 نظریه انتخاب طبیعی را مطرح کرد که طبق آن جمعیت‌های بیولوژیکی در مرور زمان تغییر می‌کنند که به عنوان نتیجه‌ای از انتشار صفات ارثی است. در واقع الگوریتم ژنتیک می‌تواند خواص مشترک نهفته در پند طرح هم خانواده را پیدا کرده و طی آن طرحی جدید پدید آورد.

یکی از معروف‌ترین سیستم‌های پیچیده اتوماتای سلولی ۲ نام دارد که این سیستم متشکل از شبکه‌ای بی‌نهایت از سلول‌هاست که هر سلول در طول فضا و زمان در هر لحظه به روز می‌شود و هر سلول برای خود از قوانین خاصی پیروی می‌کند. اتوماتای سلولی برای اولین بار در معماری و شهرسازی برای بررسی رشد شهرها و چگونگی سازمان دهی آنها استفاده شد.

تعریف هوش جمعی: "هوش جمعی رفتاری غیر متمرکز و خود سازمانده است که می‌توان در طبیعت مشاهده کرد و یا بطور مصنوع ایجاد

کرد. بطور معمول این نظریه برای ایجاد هوش مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد." این تعریفی است که توسط جرارد بنی و جین وانگ در سال ۱۹۸۹ بیان گردید.

هوش جمعی به تمامی سیستم‌هایی که به صورت خود سازمانده و بدون قدرت مرکزی عمل می‌کنند، چه سیستم‌های طبیعی چه مصنوعی، گفته می‌شود.

در ساختار هوش جمعی مجموعه‌ای از داده ها به صورت جمعی در ارتباط با یکدیگر و محیط فعالیت کرده و واکنش نشان می‌دهند. ساختارهای مصنوعی غالباً از ساختار طبیعی به خصوص ساختارهای بیولوژیکی الهام می‌گیرد. هوش جمعی بر روی گروه‌هایی که از جمعیت زیادی تشکیل شده باشند و بر یکدیگر تأثیر بگذارند، تأکید دارد. تمامی اعضا طبق یک قاعده بسیار ساده عمل می‌کنند: **هیچ قدرت مرکزی فرمانده این ساختار نیست.** این قاعده بسیار ساده موجب شکل‌گیری و پدیدار شدن یک رفتار همگانی می‌شود که برای یک عضو تک ناشناخته است. عامل‌ها در حالی از قوانین ساده پیروی می‌کنند که هیچگونه ساختار مرکزی کنترل کننده‌ای وجود ندارد که رفتار و موقعیت عوامل را بر آنها دیکته کند. نمونه‌ای از این رفتار را در طبیعت در کلونی مورچه‌ها، دسته پرندگان و حیوانات، رشد باکتری‌ها و میکروب‌ها می‌توان مشاهده کرد.

۲ـ۳ فرآیند جاری در یک جامعه با هوش جمعی:

هوش جمعی برپایه دو اصل قرار دارد:

۱- خود سازماندهی

۲- نشانه گذاری

این دو اصل موجب شده تا یک گروه بدون داشتن یک فرمانده بتواند مسیر خود را بیابد.

تعریف خود سازماندهی:

خود سازماندهی بر پایه ۴ مکانیزم عمل می کند:

۱- **بازخورد مثبت:** بازخورد مثبت علامتی است که یک عضو برای عضو دیگر به جا می‌گذارد تا تأیید خود از یک موقعیت و یا عمل را نشان دهد. به عنوان مثال در کلونی مورچه‌ها با ماده‌ای که از خود به جا می‌گذارند به سایر اعضا نشان می‌دهند که این مسیر مطلوب و مناسب است. هر عضو این نشانه را از خود به جا می‌گذارد. پس نشان می‌دهد که تمامی اعضا در این نشانه‌گذاری دخیل هستند و در درجه بعدی این نشانه‌گذاری مورد تأیید همه است.

۲- **بازخورد منفی:** بازخورد منفی دقیقا عکس بازخورد مثبت تعریف می‌شود و عمل می‌کند. تبخیر تدریجی ماده‌ای که مورچه‌ها از خود بجا می‌گذارند نشان می‌دهد که آن مسیر یا عمل با گذر زمان مورد تأیید همه‌ی اعضا نبوده است.

۳- **انتخاب هاب تصادفی:** در سیستم‌های خود سازمانده، انتخاب تصادفی یک اصل بسیار مهم است؛ زیرا با این انتخاب تصادفی است که می‌توان دریافت اشتباهات کجاست و برای آنها راه حلی پیدا کرد. در کلونی‌های مورچه این تمایل به انتخاب تصادفی مسیر و حرکت در یک مسیر باریک (اینکه در یک خط دنبال هم حرکت می‌کنند و به صورت دسته جمعی حرکت نمی‌کنند، درست مانند حرکت ماشین‌ها در اتوبان‌ها در سایر کشورها که میان خطوط حرکت می‌کنند در مقابل اتومبیل‌رانی در اتوبان‌ها در ایران که عملاً دو و سه مسیر حرکتی ناگهان به چهار یا پنج مسیر تبدیل می‌شود) نشان دهنده تمایل آنها به شناخت مسیرهای جدید، کشف غذا و یا حتی شناخت کوتاه‌ترین مسیر میان لانه‌ها می‌باشد.

۴- **عکس العمل چندگانه:** خود سازماندهی به عکس‌العمل‌های چندگانه بسیار وابسته است. اعضا هر آنچه را کشف می‌کنند با دیگر اعضا به اشتراک می‌گذارد تا دیگر اعضا از فعالیت بعدی خود آگاه شوند.

رفتار جمعی (*Swarm behavior*) برگرفته از زندگی حیوانات است و به نحوه‌ی ارتباط و رفتار آنها در کنار یکدیگر زمانی که به صورت دسته جمعی در کنار یکدیگر حرکت می‌کنند بر می‌گردد. واژه *Swarm* به حشرات بر می‌گردد اما این مبانی تنها به حشرات مربوط نمی‌شود. رفتار جمعی پرنده‌ها *schooling of birds* نامیده می‌شود. اعضای یک جامعه *Swarm* می‌تواند به صورت اتفاقی و غیر قابل پیش‌بینی حرکت کند. اما تمامی اعضای گروه می‌تواند با سرعت بالا و هماهنگ حرکت عمل کنند در حالی که با فاصله معین از هم قرار بگیرند.

تعریف نشانه‌گذاری: نشانه گذاری عملی است که با ایجاد تغییر در محیط صورت می گیرد. نشانه گذاری فعالیتی است که یک عضو با تغییری که در یک محیط ایجاد می کند، موجب می شود اثری برای سایر اعضا به جا بگذارد. عضو بعدی متوجه این نشانه شده و اطلاعاتی که عضو قبلی برایش به جا گذاشته را در میابد. در حالی که اعضا در حداقل فاصله با یکدیگر قرار می گیرند اما با یکدیگر برخورد نمی کنند. برای این منظور لازم است تا اعضا با یکدیگر در ارتباط باشند تا اطلاعات مربوط به موقعیت، مسیر حرکت و مقصد را به یکدیگر منتقل کنند. این عمل با استفاده از شیوه های متفاوت امکان پذیر است که به نوع دسته حیوانات وابسته است. به طور کلی جانداران به دو دسته کلی قابل تقسیم بندی هستند: ۱- جانداران با محرک های بصری (نشانه کیفی) ۲- جانداران با محرک های بویایی متناسب با میزان ترشح ماده ی نشانه (*pheromone*) (نشانه کمی)

نشانه‌گذاری‌های کمی: ماده‌ای که دنباله‌ها از خود منتشر می‌کنند نمونه‌ای از نشانه‌های کمی است. غلظت این مواد بر تصمیم اعضا تأثیر می‌گذارد. تحریک اعضا برای انجام یک عمل نمونه‌ای نشانه‌گذاری کیفی است. به عنوان مثال در ساخت یک لانه برای مورچه‌ها اینکه یک مورچه مصالح و قطعه‌ای که برای ساخت آورده را در کجای این ساختار قرار دهد نشانه‌ای از این نشانه‌گذاری‌هاست.

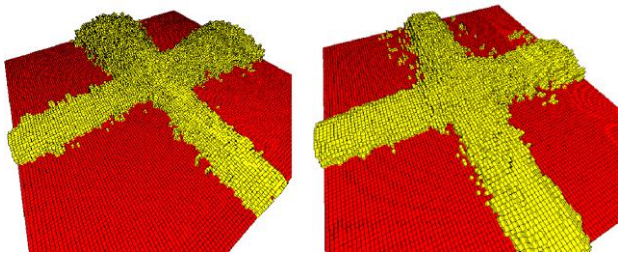
این نشانه‌گذاری‌ها در بسیاری از سازمان‌ها بسیار پر اهمیت است. اینکه اعضا در مواجه با داده‌های جمع شده توسط سایرین چه تصمیمی بگیرد می‌تواند به پیشبرد اهداف بسیار کمک کند. در این مواقع نیازی به حضور یک مدیر برای هدایت اعضا برای انجام یک فعالیت و یا جلوگیری از وقوع یک عمل تکراری وجود ندارد.

(*pheromone*) ماده‌ی شیمیایی است که جانداران به منظور نشانه‌گذاری برای سایر اعضای دسته و قوم خود در محیط طبیعی از خود منتشر می‌کنند (به دلیل آنکه این واژه معنای معادلی در زبان فارسی ندارد در اینجا از آن با عنوان ماده‌ی شیمیایی نشانه یاد می‌کنیم). این گروه‌ها توانایی عکس‌العمل‌های وسیع و پیچیده‌ی زیادی دارند که برای یک عضو تنها این عکس‌العمل‌ها غیر ممکن است. یک اجتماع از مورچه‌ها قابلیت ساخت یک لانه‌ی کامل را دارد در حالی که یک مورچه به تنهایی تصوری از ساخت لانه ندارد. گروهی از ماهی‌ها شانس بیشتری از یک ماهی برای نجات در برابر مهاجمین دارند. پرندگان به صورت گروه مسافت بسیار طولانی را کوچ می‌کنند که این عمل هم بر میزان قابلیت آیرودینامیک آنها تأثیر گذاشته و هم میانگین سرعت آنها را بالاتر می‌برد. این قاعده برای یک کلونی زنبور نیز صادق است.

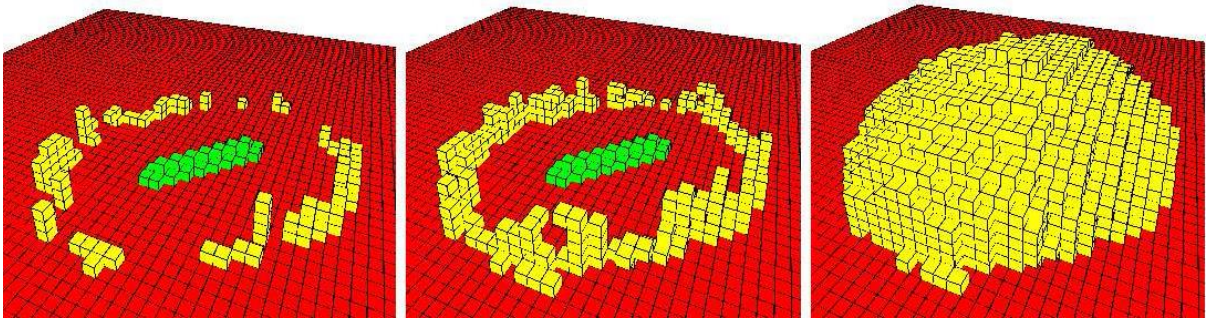
نشانه‌گذاری کمی منجر به هدایت یک عضو می شود تا در برخورد با چالش و عملکرد اعضای قبلی چه واکنشی نشان دهد. به طور مثال تصور کنید که قرار است با بلوک هایی یک ساختمان ساخته شود و هر عضو می بایست یه بلوک به ساخته های قبلی عضو قبلی اضافه کند. اثری که هر عضو از خود به جا می گذارد به عضو بعدی این علائم را می دهد که بلوک خود را در کجا قرار دهد. این اثر با میزان ماده، جهت تاثیر خود را می گذارد. برای درک بهتر این مسئله به شرح یک نمونه می‌پردازیم:

موریانه‌ها برای ساخت آشیانه خود از این شیوه استفاده می‌کنند، طوری که یک موریانه با انتشار ماده شیمیایی از خود به موریانه بعدی محدوده‌ای که می‌تواند بلوک خود را قرار دهد را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده بلوک‌ها در محدوده‌ای که بیشترین تمرکز قرار دارد گذاشته شده است. که در نتیجه تونلی از مسیرها شکل گرفته است.

سیستم های پیچیده در معماری:



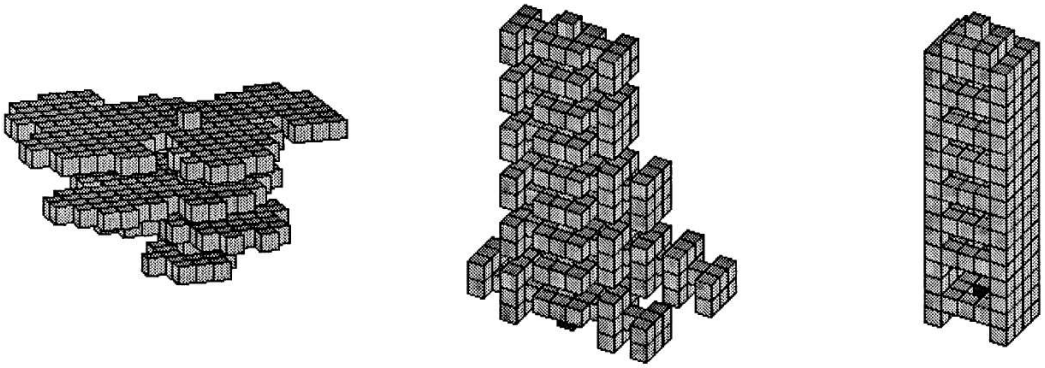
تونلی که از حرکت موریانه ها در هدف ساخته شده است.



فضای شکل گرفته به دور ملکه ی موریانه و انتشار ماده شیمیایی برای ادامه روند ساخت فضا

در نمونه دیگر، برای ساخت یه فضا برای ملکه موریانه‌ها، فضایی به عنوان هدف تعیین می‌شود و در پی آن اعضا با شعاعی مشخص شروع به ساخت فضا به دور آن می‌کنند.

نشانه‌گذاری کیفی: ترولاز و بونابو در مطالعات خود، الگوریتم ساده‌ای را معرفی کردند که نشان‌دهنده نشانه‌گذاری‌های کیفی است. بر طبق این مطالعات تعدادی از اعضا به صورت تصادفی در شبکه‌ی سه بعدی حرکت کرده و بلوک‌هایی که در اختیار دارند را با مشاهده نتیجه سایر اعضا در محل خود قرار می‌دهند. در این فعالیت اعضا یک شبکه از اطلاعات دریافتی خود تشکیل می‌دهند که در هر مرحله آن را به روز می‌کنند تا سایر اعضا به جدیدترین اطلاعات دست یابند. با این روش به مرور ساختار مورد نیاز اعضا ساخته می‌شود. مانند آنچه که در تصویر زیر نشان داده شده است.

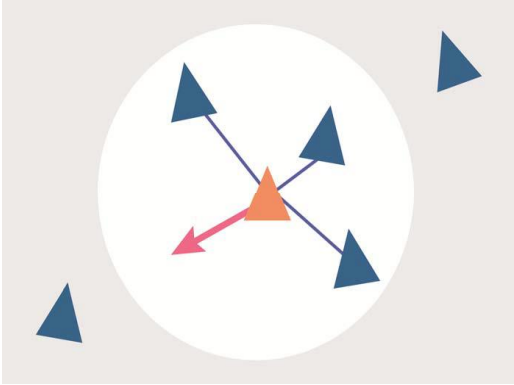


نمونه‌ای از سازه‌های ساخته شده توسط اعضا به کمک نشانه‌های کیفی

حیوانات در یک گروه وظایف خود را به درستی عمل می‌کنند، در حالی یک عضو تک از میزان پیچیدگی سیستمی که در آن مشغول به کار است آگاه نیست. اعضا بر طبق یک قانون بسیار ساده در عین حال مشخص و دقیق عمل می‌کنند که به آنها منتقل شده است. این قوانین ساده، زمانی که به هزاران عضو یک گروه منتقل می‌گردد موجب یک نتیجه بسیار با اهمیت و مشخص می‌گردد. هوش جمعی گروه در این مبانی، با مجموع هوش تک تک اعضا برابر نیست. زمانی که این ماده شیمیایی نشانه برای انسان قابل درک شد، هوش جمعی تعریف شد.

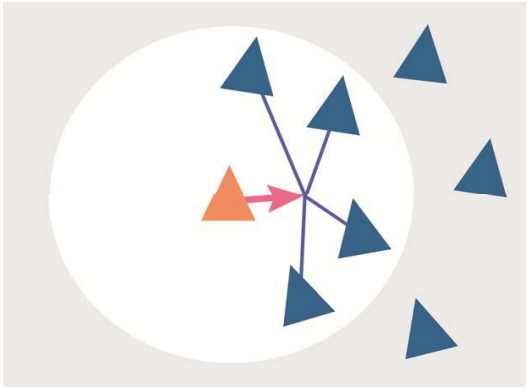
سه قانون اصلی رایج در هوش جمعی رفتارهای هدایتی را می‌سازد: جدا بودن، چسبیدگی و هم ترازی.

جدا بودن: انفصال و یا جدا بودن به اعضا کمک می‌کند تا فاصله‌ی مشخصی از دیگر اعضا داشته باشد. این خصلت از تجمع اعضا در یک مکان جلوگیری می‌کند. برای حفظ این فاصله، ابتدا یک عضو شعاع خاصی از اطراف خود را جستجو می‌کند. اگر در این محدوده عضوی موجود بود که در مرحله‌ی بعدی فاصله خود تا آن عضو را محاسبه می‌کند. اگر این فاصله از فاصله‌ی تعریف شده کمتر بود یک نیروی دافعه متناسب با میزان فاصله به آن عضو اعمال می‌شود.



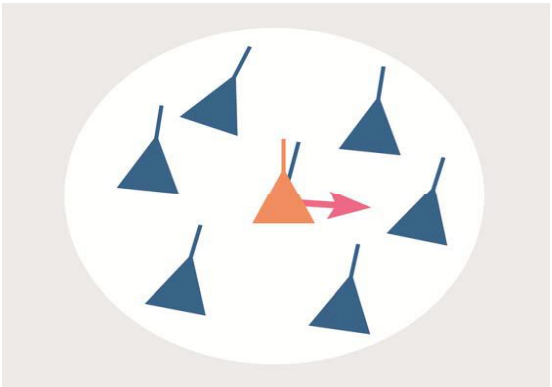
جدا بودن

چسبیدگی: این قانون موجب می‌شود تا اعضا حداکثر تا بیشترین میزان فاصله‌ای که می‌توانند از هم داشته باشند قرار گیرند. این عامل موجب می شود تا یک عضو نتواند از دسته و یا گروه جدا بیافتد. همانند جدا بودن برای این ویژگی، ابتدا عضو تا شعاعی مشخص از اطراف خود را بررسی میکند اگر عضو مجاوری وجود داشت که فاصله‌ی میان آن دو از حد مجاز بیشتر بود، یک نیروی جاذبه متناسب با میزان فاصله میان دو عضو به آن وارد می‌شود.



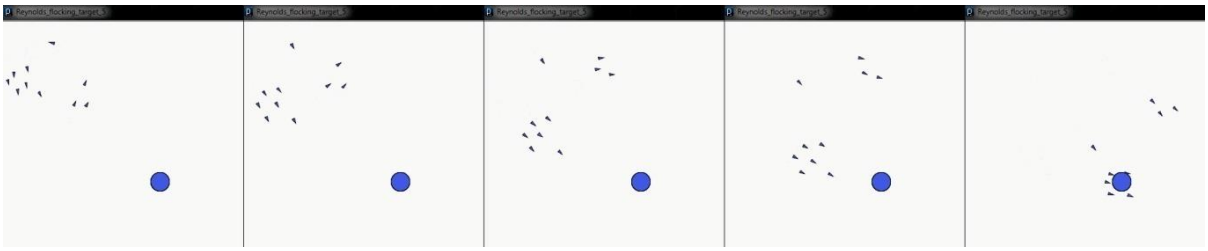
چسبیدگی

تمایل به هم ترازی: این قانون موجب می‌شود یک عضو با اعضای مجاور خود هم تراز و هم راستا شود. برای این منظور، عضو اعضای مجاور خود تا شعاع خاصی را بررسی می‌کند و راستای بردار سرعت اعضا را محاسبه می‌کند. از آنجا که این ویژگی تمایل به چرخش اعضا دارد موجب می‌شود تا عضو در راستای همسایگان خود بچرخد و در راستای آنان قرار گیرد.



تمایل به هم ترازی

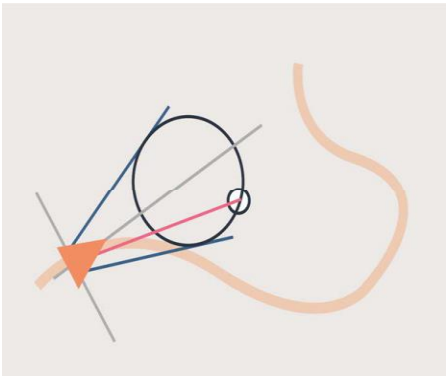
با کمک همین سه خصلت می‌توان رفتارهای گروه‌های با ویژگی هوش جمعی را شبیه‌سازی کرد.



هدایت اعضا با سه قانون چسبیدگی، جدا بودن و هم ترازی

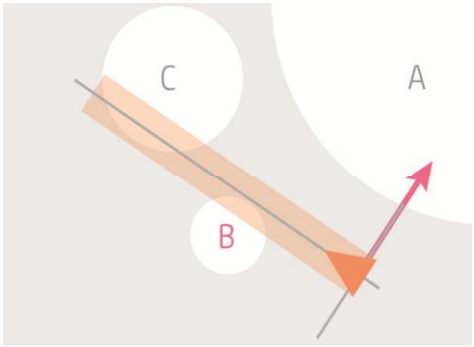
جدا از این قوانین، در مطالعات بعدی، رینولدز قوانین دیگری تعریف کرد که موجب می‌شود شبیه‌سازی‌های دقیق‌تر و متنوع تری انجام داد. در ادامه به بررسی این قوانین می‌پردازیم.

سرگردانی، ویژگی است که هم در میان حیوانات و هم انسان‌ها زمانی روی می‌دهد که در محیطی جدید و نا آشنا وارد می‌شوند. ساده‌ترین روش برای محاسبه‌ی این ویژگی وارد کردن بردار سرعتی تصادفی (تصادفی از جهت میزا) به هر عضو است. اما این شیوه نتایج نامطلوبی به دنبال دارد. بنابراین بهترین شیوه، نگه داشتن مسیر اصلی حرکت اجزا و وارد کردن جابجای‌های بسیار کوچک در اعضاست.



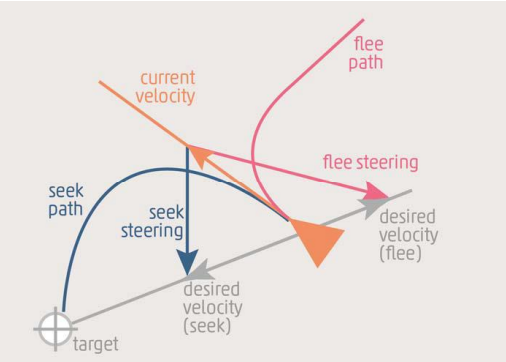
سرگردانی

گریز از موانع، گریز از موانع این ویژگی از برخورد اعضا با مانع جلوگیری می‌کند. هدف ایجاد و حفظ یک فضای آزاد استوانه مانند در جلوی یک عضو است. زمانی که یک مانع مشاهده می‌شود، نیرویی چرخاننده در خلاف جهت مانع به عضو وارد می‌شود. این عمل موجب می‌شود تا عضو تنها به موانعی که در مسیرش قرار دارند عکس العمل نشان دهد. سایر موانع که در نزدیکی عضو هستند اما بر سر راه آن قرار ندارند موجب تغییر مسیر عضو نمی‌شوند. به عبارت دیگر یک عضو مثلاً می‌تواند در طول یک دیوار حرکت کند.



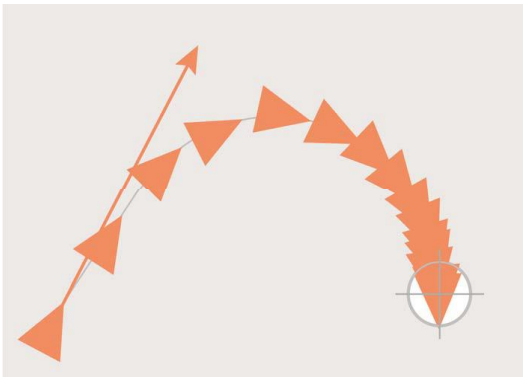
گریز از موانع

جستجو کردن، به معنای هدایت اعضا به سمت یک هدف مشخص است. برای رسیدن به این هدف مشخص، این ویژگی بردار حرکتی اعضا را در جهت رسیدن به هدف تنظیم می‌کند. رفتار معکوس این ویژگی گریز است. و رفتار آن نیز مشابه است تنها در گریز بردار حرکتی در جهت عکس هدف قرار می‌گیرد. اگر اعضا به سمت هدف حرکت کرده و همچنان با وجود رسیدن به آن به فعالیت خود ادامه دهند از هدف عبور می‌کنند؛ در این صورت اعضا بازگشته و با کاهش سرعت باز به سمت هدف حرکت می‌کنند.



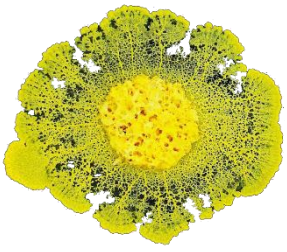
گریز و جستجو

رسیدن تدریجی، در طی این فعالیت زمانی می‌رسد که تعدادی از اعضا به هدف نزدیک‌ترند اما تعدادی دیگر همچنان در راه هستند. در این حالت اعضایی که رسیدند همچنان به فعالیت خود ادامه می‌دهند اما به نحوی دیگر. هرچه فاصله میان اعضا و هدف کمتر از فاصله تعریف شده از پیش باشد، میزان سرعت بردار حرکت متناسب با فاصله عضو تا هدف کاهش می‌یابد. به مرور اعضای نزدیک تر آرامتر به هدف می‌رسند و زمانی که رسیدند متوقف می شوند تا سایر اعضا فرا برسند.



رسیدن تدریجی به هدف

کاربردهای الگوریتم هوش جمعی در معماری ـ کپک physarum polycephalum و راه آهن

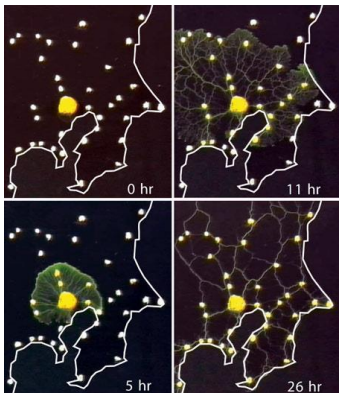


توکیو: در سال ۲۰۰۰ یک محقق ژاپنی به نام توشیوکی ناکازاکی دریافت که کپک زردی به نام *physarum polycephalum* می‌تواند در میان مارپیچ‌ها نزدیک‌ترین مسیر را میان دو منبع غذایی پیدا کند. physarum polycephalum یک سلول تک است که سیستم غذایی آن بسیار شبیه به یک مورچه از میان هزاران مورچه عضو یک دسته هوش جمعی است. زمانی که یک سلول تک از*physarum polycephalum* رشد می‌کند، به شکل فرمی با صدها پیچک در می‌آید.

زمانی که این کپک چندین منبع غذایی در مکان‌های جدا از هم پیدا می‌کند، تعداد زیادی از این پیچک‌ها با ساخت تونلی در مسیری قرار می‌گیرند که این دو منبع غذایی را به هم وصل کنند. زمانی که منبع غذایی کاهش یابد این تونل به مروز نازک و نازک‌تر می‌شود تا جایی که کاملاً ناپدید شود.

در سال ۲۰۱۰ توشیوکی ناکازاکی این بار به کمک اتسوشی ترو، سیجی تاکاگی، تاتسو سایگاسو، کنترو آیتو، دن ببر، مارک فیکر، کنجی یومیکی و ریو کوبایاشی با کمک این کپک مشکل طراحی خطوط راه‌آهن ارتباطی میان توکیو و شهرهای اطراف آن را حل کردند. حل این مشکل با کمک مدل‌های ریاضیات بسیار دشوار بود زیرا راه‌حل منطقی دیگری وجود نداشت. در این مسأله از طرفی می‌بایست با وجود فاصله‌های طولانی میان شهرها، به کوتاهترین مسیر میان دو شهر دست یافت و از طرفی حداکثر نگهداری در مسیرهای ساخته شده را در نظر گرفت تا در مواقعی که به صورت ناگهانی خسارتی به خطوط راه آهن وارد شد بتوان آن را ترمیم کرد.

در این آزمایش شهرهای اطراف توکیو که به عنوان طعمه بودند از جنس جوی دوسر بود (جوی دو سر غذای محبوب این نوع کپک است). *Physarum polycephalum* از محل شهر توکیو شروع به رشد می‌کند. در ابتدا این کپک شروع به رشد در تمام فضای موجود می‌کند اما پس از مدتی تنها بر روی منابع غذایی تمرکز می‌کند. به آرامی کپک شروع به حذف پیچ‌هایی که نیازی ندارد می‌کند و پیچ‌های با اهمیت را ضخیم‌تر می‌کند و این روند چندین بار تکرار می‌شود و در طی این تکرار منابع غذایی دائماً تمدید می‌شود. در هر بار تکرار این روند نتایج مشابه است و به طرز شگفت‌آوری به راه حل منطقی برای مسأله خطوط راه‌آهن‌ها بسیار شبیه و نزدیک است. تنها تفاوت در وجود بعضی موانع طبیعی در مسیر است مانند وجود کوه‌ها و یا دریاچه‌ها. برای این مسأله نیز در محل وجود موانع طبیعی محققین منابع نوری قرار دادند زیرا این کپک از موانع نوری گریزان است.



تکامل در تولید ایده‌های معماری با کمک هوش جمعی: درسال ۲۰۰۸ سباستین ون مومن و کریستین جاکوب با کمک طراحی دیجیتال براساس مبانی هوش جمعی نمونه‌ای معماری ساختند. الهام از هوش جمعی در طراحی از رفتار حشرات شروع شد. توانایی آنها در ساخت تپه‌های زیبا (موریانه ها)، کندو (زنبورها) و دالان‌ها (مورچه‌ها) مهارتی است که از طریق نشانه ورزی کمی و کیفی به دست می‌آید.

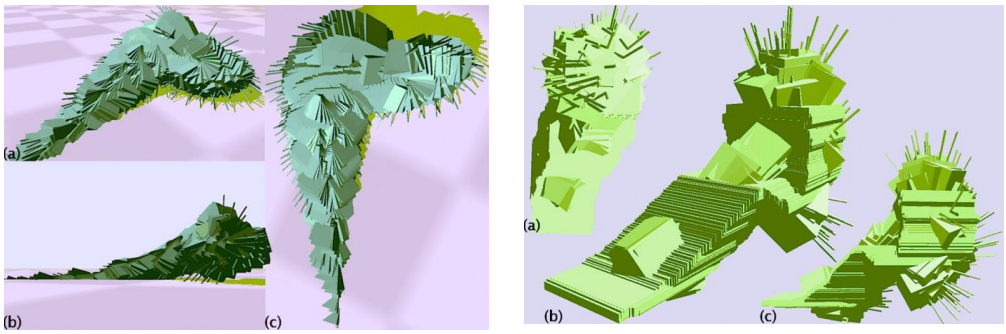
برای آزمایش نیاز بود تا قواعد هوش جمعی تعریف شود. به همین منظور، رفتار ذرات در چندین سطح تعریف شد. در این روش از همان مفاهیم کریگ رینولدز استفاده شد. " سرعت، چسبندگی، هم ترازی و چسبندگی به اعضای مجاور است. در بالای این سطح، قوانینی از نشانه‌ورزی اعمال شده است. ماده شیمیایی به یک عضو نشان می‌دهد که در کجا باید به فعالیت خود ادامه دهد. به عنوان مثال اگه در جایی ماده‌ی شیمیایی را دریافت کرد در آن مکان یک مکعب قرار دهد. در نهایت سومین سطح از قوانین به اعضا این امکان را می‌دهد تا در یک مکان عضو فعالیت کند و سپس از پروسه خارج شود. این همان معرف الگوریتم ژنتیک است.

روندی که پیش گرفته شده را می توان با روند بیولوژیک مقایسه کرد. در قواعد هوش جمعی سلسله مراتب شکل‌گیری از ژن‌ها تبعیت می‌کند و در شبیه‌سازی معماری این کار را ماده شیمیایی انجام می‌دهد. در طول این شبیه‌سازی به دنبال ژن‌هایی هستیم تا بتواند شبیه‌سازی همانند ماده شیمیایی انجام دهد. در گام اول، شبیه‌سازی با قواعد هوش جمعی به صورت تصادفی صورت می‌گیرد. در این شبیه‌سازی هر عضو می‌بایست علاوه بر آنکه بتواند متناسب با قواعدی باشد که به آن اعمال شده، بتواند نسل بعدی را نیز تولید کند. در طول این روند اعضا علاوه بر تولید تغییر

می‌کنند، ترکیب می‌شوند و حتی قواعد خود را تبادل می‌کنند. مانند الگوریتم جریان و یا قواعد رفتاری. بطور مثال "اگر یک عضو شناسایی شد به جای آن یک مکعب می‌سازد" و یا " اگر یک عضو شناسایی شد به جای آن یک لایه می‌سازد."

در این روند محققان در تلاش بودند تا بتوانند روند تولید بیش از حد اعضا را کنترل کنند. زیرا در صورت عدم کنترل، تعداد اعضای تولیدی به وضعیتی بیشتر از حد توانایی کامپیوتر می‌رسد. به همین جهت قوانین این چنینی ایجاد شد: در وهله اول طراحی باید در محیطی مشخص صورت بگیرد و حجمی خارج از این محدوده تولید نشود. در مرحله‌ی بعدی ایجاد احجام متجانس که توسط بعضی اعضا اعمال می‌شود و مشارکت میان لایه‌ها در اثر رابطه میان اعضاست نیز در شبیه‌سازی درنظر گرفته شود. پس تا به این جا چهار قاعده برای تولید در نظر گرفته شد:

۱- جلوگیری از رشد بیش از حد
۲- تعیین محدوده تولید
۳- خروجی متجانس
۴- رابطه میان لایه‌ها



شکل ۲-۱ نمونه‌هایی از تولید احجام معماری

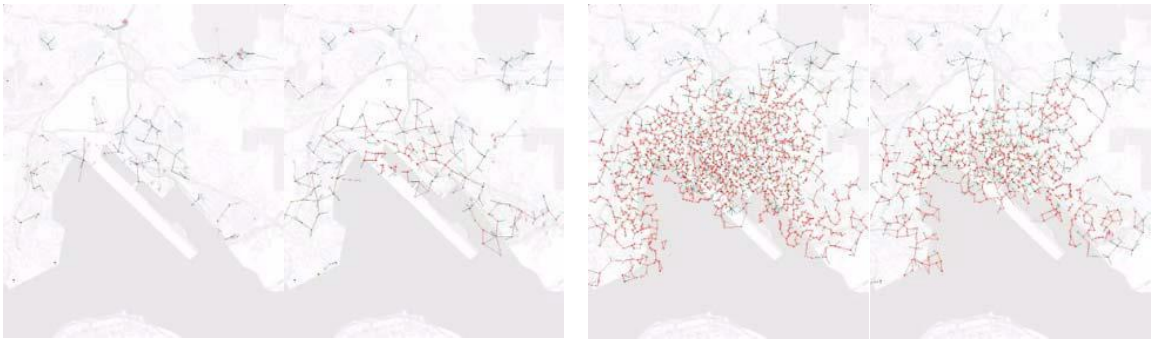
نمونه‌هایی که بدین شیوه تولید شده است نشان می‌دهد که تولید احجام با الهام از الگوریتم‌های بیولوژیکی مدل‌های بسیار متنوعی از جنبه‌ی زیبایی‌شناسی ارائه می‌دهد اما از نظر ارتباط با بستر طراحی بسیار ضعیف عمل می‌کنند. از این شیوه در معماری مدرن به خوبی می‌توان استفاده کرد زیرا در شاخه‌هایی از این سبک بستر و محیط طراحی به کلی نادیده گرفته می‌شود. به همین دلیل در این شیوه‌ی طراحی نمی‌توان انتظار داشت نتیجه به بهینه‌سازی بنا در بخش‌های کاربرد انرژی، میزان مصرف آب و یا جنبه‌های اکولوژیک و اقتصادی منجر شود.

استفاده از الگوریتم هوش جمعی در طراحی شهری: نخستین بار نیل ریچ، استاد دانشگاه USC به قابلیت استفاده از چند عاملی (*multi agent*) در سیستم‌های طراحی شهری پی برد. در طی کلاس‌های درس وی با عنوان *Swarm Urbanism* طرح‌های درسی بسیاری مطرح شد. ابزاری که در این واحد کمک کننده دانشجویان بوده نرم افزار های شبیه‌سازی فرآیند خود سازماندهی بوده است که در جهت هوش جمعی مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این الگوریتم شبیه‌سازی صرف جمعیت انسانی و یا کاربری در فضای معماری نبوده است بلکه فرم‌یابی در شاخه طراحی شهری بوده است. در این روش برخلاف شیوه های شیوه های مرسوم که تنها به یک گزینه بهینه ختم می‌گردد، تعدادی کثیری از آلترناتیوهای متناسب با فضای شهری تولید می‌شود.

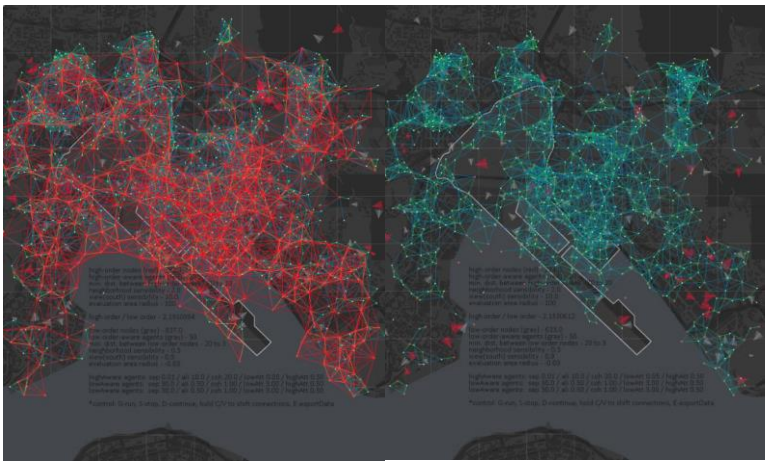
یکی از نمونه هایی که با این شیوه به جواب نهایی رسیده است، طراحی فرودگاه بین المللی کای تاک هنگ کنگ می باشد. بعد از تخریب بنای موجود، سایت با بافت توسعه یافته شهری هنگ کنگ یافته احاطه شد. ایده اصلی طراحی به این شکل بوده است که اگر این بخش مانند سایر بخش های هنگ کنگ مملو از جمعیت شده باشد پس بنای در دست طراحی فرودگاه پوشیده و مستتر باشد. مطالعات قبلی بافت شهری هنگ گنگ که توسط والتر چیستالر صورت گرفته است نشان می دهد که این توزیع تمامی مراکز جمعی شهری مانند مراکز خرید، مدارس، مراکز درمانی و غیره به صورت فضای مرکزی بوده بوده است. شبکه ی شهری در این بخش هیچ گاه به صورت شش گوشه نبوده است اما به شکل باور نکردنی فاصله میان این نقاط منطبق بر این ساختار بوده است (گرید یا شبکه ای بستر موقعیت مکانی فضاها را تعیین میکند). این نقاط به

عنوان نقاط شروع و یا نقاط جذب برای اعضا (*agents*) مورد استفاده قرار می گیرد. زمانی که اعضا در فضا رها می شوند، شروع به تولید نوعی شبکه با نقاط پر تاثیر و کم تاثیر در طول سایت میکنند. زمانی که ارتباط میان این اعضا برقرار شد، با انواع مختلفی از کاربری ها جایگزین میشود. در صورتی که نوع این کاربری ها با سایر مناطق هنگ گنگ هماهنگ و مشابه باشد، پس می توان گفت نسخه ی مشابهی از شبکه ی شهری هنگ کنگ تولید شده است.

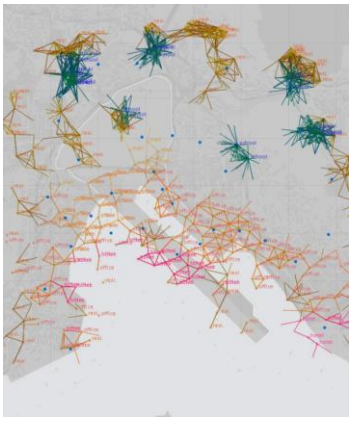
این روند موجب شده تا دید جدیدی نسبت به طرحی شهری ایجاد شود. این دستاورد با چاپ تحقیقات منوئل دلاندا تحت "عنوان هزاران سال تاریخ غیر خطی" همراه شد. وی در تحقیقات خود اشاره کرده است که در یک شهر عوامل اقتصادی عامل شکل‌گیری بافت شهر است تا مبانی طراحی شهری.



شکل ۲-۲ هنگ کنگ، منطقه‌ی کواون، فرایند شبیه‌سازی

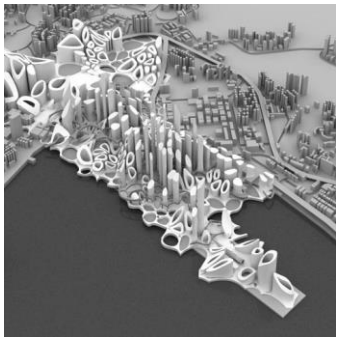


شبیه‌سازی شبکه، نقاط کم پر تاثیر(سمت چپ) و نقاط کم تأثیر(سمت راست)



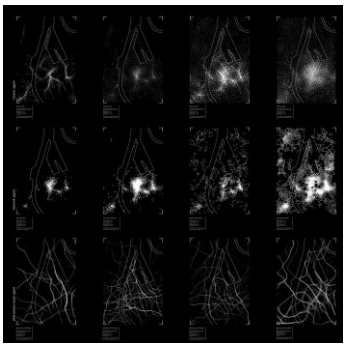
شبیه‌سازی به خوبی پیاده‌روها را نمایش می‌دهد. در گام بعدی تنها باید ساختمان‌هایی که در اطراف سایت قرار دارد را با جمعیت درگیر کرد.

مطالعه توده‌ای



برنامه‌ریزی طراحی پلان: این شیوه‌ی طراحی هم توسط گروه *Kokkugia* در طراحی شهری و معماری مورد استفاده قرار گرفت. این گروه با کمک رفتار خود سازماندهی پیچیده‌ای که در سیستم‌های بیولوژیکی، اجتماع و خاصیت مواد وجود دارد به طراحی معماری و شهری پرداختند.

در پروژه‌ی *Docklands Melbourne* این گروه با کمک این شبیه‌سازی هوش جمعی طرحی برای گسترش این منطقه ارائه دادند. در این پروژه اعضا با حرکت در سایت یک پلان شهری را تعریف نمی‌کنند، بلکه اعضا ایجاد کننده‌ی رفتارها و هوش در یک ساختار خود سازماندهی شهری هستند. در این سیستم اعضا براساس اهداف اطلاعات برنامه‌ریزی شده‌اند. شبیه‌سازی به دو شیوه صورت می‌گیرد: در شیوه اول با کمک هوش جمعی اعضا در یک روند خود سازمانده مشکلات و مسائل سایت به شیوه‌ی نشانه ورزی حل می‌شود. این روش مشابه رفتار کلونی موریانه است. شیوه دوم هم همان رفتار کپک است که در جهت منبع غذایی، کوتاه‌ترین مسیر را طی می‌کند. آنها در درجه اول برای تولید زیر ساخت‌ها و شبکه‌های ارتباطی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



فرآیند شبیه‌سازی با انواع مختلف اعضا، ردیف اول اعضای شاخه‌ای، ردیف دوم اعضای شبکه‌ای و ردیف سوم اعضا با ماده‌ی شیمیایی *Kokkugia* همچنین از این الگوریتم در پروژه‌های معماری نیز بهره برده است. به عنوان مثال، در طرح پیشنهادی خانه اپرای بوسان، پوسته‌ای را با کمک خاصیت خود سازماندهی سیستم جمعی طراحی کرده‌اند. در این پوسته نقاط تشکیل دهنده‌ی پوسته مانند اعضا عمل می‌کنند و این اعضا به رفتار محیطی اطراف خود عکس‌العمل نشان می‌دهد.