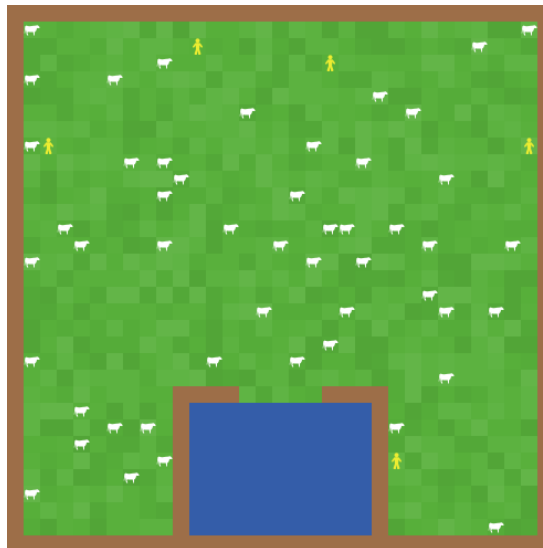


معرفی محیط و پیشفرض‌ها:

در شکل زیر محیط پیاده شده را مشاهده می‌کنید. این محیط در همان سایز ۳۲ در ۳۲ طراحی شده است. پرچین‌ها به رنگ قهوه‌ای و آغل به رنگ آبی است. گاوها به رنگ سفید و گاوچران‌ها زرد رنگ هستند. حرکت گاوها همانطور که خواسته شده به یکی از خانه‌های همسایه خود است و از یک پنجره ۷ در ۷ جهت محاسبه امتیازات استفاده شده است. فرض شده است که در هر خانه تنها یک گاو یا یک گاوچران می‌تواند حضور داشته باشند و همچنین هر گاو و گاوچران دقیقا در وسط هر خانه قرار دارند. امکان عبور از پرچین‌ها برای گاوها و همچنین گاوچران‌ها وجود ندارد و برای ورود به آغل گاوها تنها از طریق درب آن می‌توانند ورود کنند. سایز آغل در اندازه‌ای در نظر گرفته شده که تعداد ۸۸ گاو در آن جا می‌شود اما در عمل به دلیل اینکه فضاهای اشغال شده توسط گاوها به صورت نامنظم بوده و همچنین گاوها ترجیح می‌دهند از پرچین دور آغل فاصله بگیرند، جمع آوری این تعداد گاو در آغل امکان پذیر نیست و در درب ورودی تجمع می‌شود. لذا در این محیط در نظر گرفته شده است که حداکثر ۵۰ گاو در محیط وجود دارند. البته تا ۶۰ گاو نیز شدنی است.

در بخش interface نرم افزار دو گزینه برای انتخاب تعداد گاو و تعداد گاوچران وجود دارد. تعداد گاو می‌تواند از ۱ تا ۵۰ متغیر باشد (به علتی در پاراگراف قبل توضیح داده شد). و تعداد گاوچران نیز از ۱ تا ۲۰ می‌تواند متغیر باشد. لازم به ذکر است که برای اطمینان از عملکرد درست گاوچران‌ها و پرهیز از قرارگرفتن در دور، نیاز است حداقل ۲ گاوچران در محیط حضور داشته باشند. اما با یک گاوچران نیز در بیشتر موارد این مسئله حل می‌شود که گزارش آن در بخش بررسی عملکرد ذکر شده است.



روش حرکت گاوچرانها:

گاوچران‌ها هر تعدادی که هستند مستقل از دیگران عمل می‌کنند و هر گاوچران به طور مستقل تنها یک کار را انجام می‌دهد:

نزدیک‌ترین گاو را بیاب و آن را به سمت درب آغل راهنمایی کن! همین!

جذابیت آغل برای گاوها زیاد است و لذا با قرار گرفتن هر گاو در مقابل درب آغل، گاو به صورت خودکار وارد آغل می‌شود. البته این رفتار طبیعی است و گاوها هم در دنیای واقع همین رفتار را دارند! لذا کافی است گاوچران گاوها را به خانه 0-6 patch که دقیقا در مقابل درب آغل است راهنمایی کند.

لذا آنطور که گفته شد هر گاوچران به طور مستقل رفتار می کند و مراحل زیر را طی می کند:

- نزدیک ترین گاو را بیاب (از منظر فاصله اقلیدسی)

- به خانه پشت گاو برو

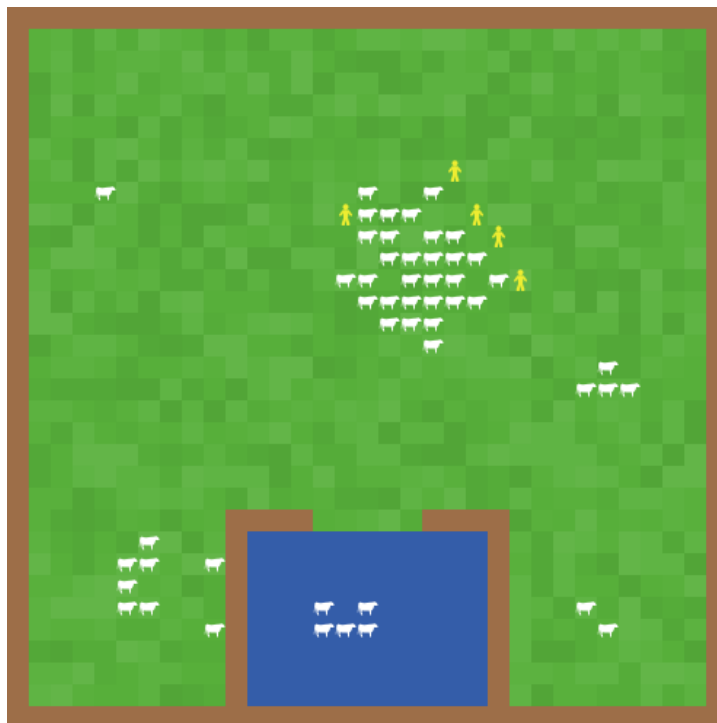
- اگر آن خانه پر بود، (توسط یگ گاو یا گاوچران دیگر) همان حوالی یک خانه خالی پیدا کن!

همانطور که مشخص است رفتار خیلی ساده است. تنها تعیین خانه پشت گاو مسئله است. برای این کار محیط با توجه به موقعیت نسبت به درب آغل (6-0 patch) به ۴ بخش تقسیم شده است. هر گاو یا در شمالی شرقی یا در جنوب شرقی یا در شمال غربی و یا در جنوب غربی آغل است. لذا با توجه به اینکه گاو در چه موقعیت جغرافیایی نسبت به درب آغل قرار دارد، خانه پشتی آن مشخص می شود و چوپان به سمت این خانه حرکت می کند. البته در هر قدم چوپان باز باید نزدیک ترین گاو را جست و جو کند چون گاوها نیز در حال حرکت هستند.

قدم سوم مراحل بالا به این دلیل است که ممکن است دو گاوچران بخواهند یک گاو را راهنمایی کنند. در این صورت تنها یکی از آنها می تواند در خانه پشت گاو قرار بگیرد و دیگری تنها با حضور در خانه های اطراف به وی کمک می کند.

ممکن است به نظر بیاید که این روش برای هر گاو باید یک بار تکرار شود. یعنی گاوها به صورت تک تک وارد آغل می شوند. اما اینچنین نیست. علاقه گاوها به راهپیمایی دست جمعی باعث می شود که تشکیل گله دهند و گاوچران با قرار گرفتن در پشت گله آنها را همراهی می کند. برای مشاهده این رفتار باید تعداد گاو را زیاد کنیم تا رفتار جمعیشان مشهودتر شود.

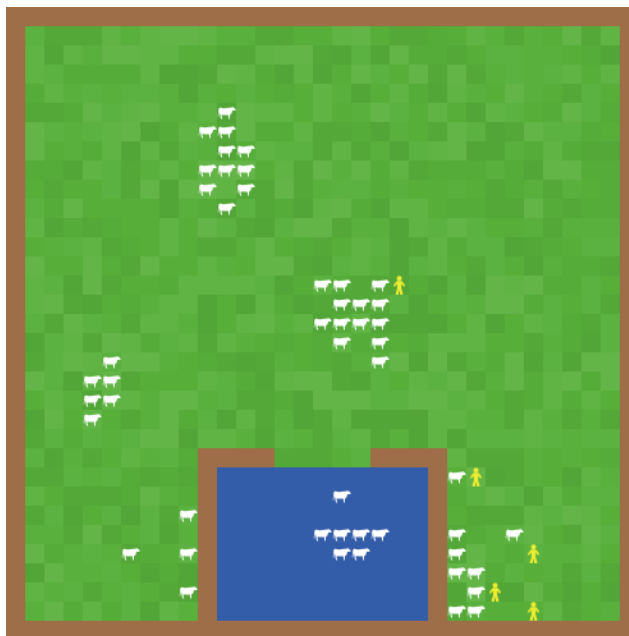
همچنین گاوچران ها به صورت دسته جمعی به خوبی یک گله را همچون گاوچران های واقعی مدیریت می کنند. شکل زیر به خوبی نشان می دهد که چطور گاوچران ها یک گله از گاوها را تشکیل می دهند و آنها را به سمت آغل مشایعت می کنند. البته در شکل زیر ۵۰ گاو و ۵ گاوچران حضور دارند و مشاهده اینگونه رفتارها در صورت وجود تعداد بالای گاو و چند گاوچران قابل مشاهده است.



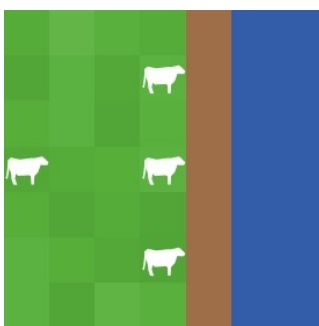
مشکلات گاوچرانی!

همانطور که قبلاً ذکر شد با حداقل ۲ گاوچران که به روش ذکر شده رفتار کنند، در زمان قابل قبولی می‌توان هر تعداد گاو را به آغل برد. البته ۱ گاوچران نیز می‌تواند در بیش از ۵۰ درصد مواقع گاوها را به آغل ببرد. اما ۲ چالش وجود دارد که باید در هنگام گاوچرانی به آنها توجه کنیم. این دو مشکل عبارتند از دیوار آغل و گوساله چموش!

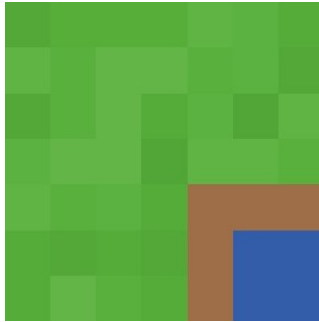
- **دیوار آغل:** مشکل اول که البته حل می‌شود ولی نیازمند تدوین یک استراتژی خاص است، قرار گرفتن گاو در پشت دیوار آغل است. اگر به شکل زیر توجه کنید می‌بینید که سه گاو در پشت دیوار غربی و چندین گاو در پشت دیوار شرقی آغل گیر کرده‌اند.



در واقع چون جذابیت آغل زیاد است، آنها در خانه‌هایی قرار گرفته‌اند که ۱۴ خانه آغل (آبی رنگ) در همسایگی آنها قرار دارد (شکل زیر).

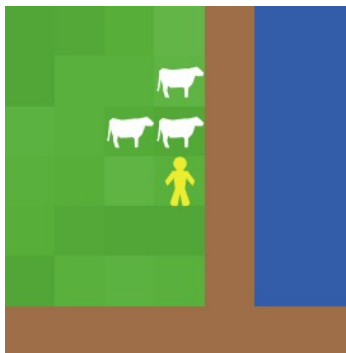


برای خروج از این وضعیت لازم است گاوها از گوشه آغل عبور کنند. اما گوشه آغل خانه‌های آبی‌رنگ کمتری در همسایگی خود دارد (تنها ۴ خانه). لذا جذابیت بسیاری کمتری برای گاوها دارد. بنابراین هیچ گاوی به زبان خوش به این خانه نمی‌رود.



از طرفی چون یک چوپان به اندازه کافی ترسناک نیست و ارزش یک خانه آبی رنگ می تواند آن را خنثی کند، لذا یک چوپان به راحتی نمی تواند گاوها را از این محل خارج کند. لذا برای این دو بخش (دو دیواره آغل) گاوچران ها از یک استراتژی دیگری استفاده می کنند.

روش بدین صورت است که گاوچران ها همچون قبل خود را به خانه پشت گاو می رسانند. با این تفاوت که خانه پشت مثلا برای دیواره سمت چپ دیگر خانه جنوب غربی محسوب نمی شود. بلکه خانه جنوبی گاو است. لذا گاو چون این خانه پر است نمی تواند وارد این خانه شود و به سمت شمال حرکت می کند. سپس گاوچران دوباره خانه قبلی را می گیرد و اجازه برگشت را به گاو نمی دهد (شکل زیر). بنابراین با این روش گاوهای پشت آغل آزاد می شوند و می توانند به آغل وارد شود.



- **گوساله چموش!** مشکل بعدی که امکان حل قطعی مسئله را با یک گاوچران به ما نمی دهد، گوساله چموش است. این گاو به تنهایی در حال فرار از گاوچران است. یعنی در محیط یک حلقه تشکیل می دهد که از گاوچران فرار می کند و گاوچران در فاصله اندکی از آن می دود ولی جهت گاو به سمت آغل تغییر نمی کند. از آنجایی که سرعت گاو و گاوچران برابر است، تغییری در حلقه به وجود نمی آید مگر در زمان هایی که برای گاو دو خانه هم ارزش وجود داشته باشد و به طور تصادفی به یک خانه جدید وارد شد. لذا این مشکل باعث می شود که با یک گاوچران نتوانیم به طور قطعی در زمان مطلوب مسئله را حل کنیم. برای مشاهده این مشکل کافی است چند بار برنامه را با ۱ گاوچران اجرا کنید. حتما با این مسئله بر خواهید خورد.

بررسی عملکرد:

به منظور بررسی عملکرد روش پیشنهادی، کد پیاده‌سازی شده در نرم افزار Netlogo را با تعداد گاو و گاوچران متفاوت چندین بار اجرا کردیم که نتایج حاصل به شرح جداول زیر هستند. لازم به ذکر است که هر تیک برابر یک قدم گاوها و گاوچران‌ها است و حداکثر تیک مورد پذیرش را برابر ۱۰۰۰ در نظر گرفته ایم. بدین معنی که اگر مسئله تا ۱۰۰۰ تیک حل نشود، آن را حل نشده در نظر می‌گیریم.

تعداد گاوچران	زمان اجرا (تعداد تیک) ورود گاوها به آغل (برای ۱۰ گاو)										درصد موفقیت	میانگین زمان اجرا
۱	-	۴۶۵	۵۵۴	-	۳۵۷	۱۰۴	۲۱۸	۳۴۱	-	۲۲۲	۷۰٪	۳۲۳
۲	۱۲۰	۳۱۴	۷۶۷	۲۸۴	۳۶۰	۲۲۴	۲۵۷	۴۵۵	۳۲۲	۴۶۶	۱۰۰٪	۳۵۶/۹
۳	۴۶۴	۱۵۶	۳۷۹	۲۸۳	۱۹۲	۱۶۴	۷۵	۲۱۹	۲۸۱	۱۸۶	۱۰۰٪	۲۳۹/۹
۴	۲۷۰	۱۴۵	۹۹	۱۴۹	۱۶۳	۲۵۹	۱۶۶	۱۰۶	۲۴۳	۲۴۸	۱۰۰٪	۱۸۴/۸
۵	۱۶۴	۱۷۱	۱۳۷	۱۴۹	۱۹۳	۲۷۷	۳۰۲	۲۱۲	۱۰۸	۱۸۷	۱۰۰٪	۱۹۰

تعداد گاوچران	زمان اجرا (تعداد تیک) ورود گاوها به آغل (برای ۵۰ گاو)										درصد موفقیت	میانگین زمان اجرا
۱	۹۵۵	۷۴۱	-	۹۸۰	۶۳۴	۴۲۲	۵۲۰	۵۵۹	۷۲۰	-	۸۰٪	۶۹۱/۳
۲	۵۹۴	۳۰۱	۳۸۷	۳۹۰	۴۹۶	۲۹۹	۱۷۶	۳۵۶	۴۷۸	۶۰۶	۱۰۰٪	۴۰۸/۳
۳	۲۴۹	۳۹۵	۳۵۸	۴۴۶	۳۴۳	۳۴۲	۴۰۳	۲۲۳	۳۶۱	۳۳۳	۱۰۰٪	۳۴۵/۳
۵	۲۹۹	۳۵۲	۲۶۸	۳۲۰	۳۱۲	۳۴۲	۲۰۲	۲۴۹	۳۸۰	۲۹۱	۱۰۰٪	۳۰۱/۵
۱۰	۲۴۹	۲۳۹	۳۲۹	۳۳۲	۱۸۲	۱۴۷	۳۲۰	۲۴۸	۴۲۰	۳۹۷	۱۰۰٪	۲۷۶/۳

همانطور که مشاهده می‌کنید، برنامه را برای تعداد ۱۰ و ۵۰ گاو اجرا کردیم. همچنین برای هر تعداد گاو، ۵ تعداد گاوچران مختلف را هر کدام ۱۰ مرتبه اجرا کردیم و زمان اجرا را ثبت نموده‌ایم. همانطور که از دو جدول بالا مشخص است با تعداد حداقل ۲ گاوچران می‌توانیم مطمئن باشیم که گاوها در زمان محدود به آغل باز می‌گردند.

در واقع تمامی اجراهای انجام شده که حداقل ۲ گاوچران در آن وجود داشتند با موفقیت در زمان مطلوبی گاوها را به آغل بازگردانده‌اند. و تنها ۵ دفعه از ۲۰ بار اجرایی که با یک گاوچران انجام شده با موفقیت رو به رو نشده است. در تمامی این ۵ اجرا، با مشکل گوساله چموش که در بخش قبل در خصوص آن توضیح دادیم رو به رو شدیم و در واقع گاوچران و گاو وارد یک حلقه فرار شدند.

لذا می‌توان ادعا کرد روش پیشنهادی پیاده شده با حداقل ۲ گاوچران می‌تواند در ۱۰۰ درصد موارد هر تعداد گاو را در مدت قابل قبولی به آغل بازگرداند. همچنین می‌توان ادعا نمود که با یک گاوچران می‌توان در حداقل نیمی از موارد به موفقیت در مدت قابل قبولی رسید.

پایان.