

MEKANISME UMUM UNTUK SISTEM KECERDASAN BUATAN

Novianti Indah Putri¹, Zen Munawar²

1. Dosen Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi Universitas Bale Bandung
2. Manajemen Informatika, Politeknik LP3I Bandung

ABSTRACT

Source of information in real time is in the real world environment of everyday life that can be processed in real time by human cognitive intelligence. The purpose of artificial general intelligence that operates with limited resources under time constraints in such an environment must carefully choose which information will be processed and which will be ignored. Even in a small number of cases where sufficient resources might be available, attention can help to make better use of them. All real-world tasks come with time constraints, and this management is a key part of the role of intelligence. Most artificial intelligence researchers ignore this fact. Thus, the majority of artificial intelligence architectures exist erroneously based on (explicit or implicit) assumptions about unlimited or adequate computational resources. Attention has not yet been recognized as a cognitive key to the process of artificial intelligence systems and in particular is not a general artificial intelligence system. This study suggests the need for an absolute mechanism of attention to the architecture of artificial general intelligence. Examination of several issues related to attention and resource management, reviewing previous research on topics in the fields of psychology and artificial intelligence, which presents designs for general attention mechanisms for general intelligence architecture systems. The proposed design is inspired by a constructive artificial intelligence methodology with the aim of architectural independence, and comprehensively discusses and integrates all major factors related to attention to date.

Key Word: Artificial intelligence, general intelligence architecture, real time.

ABSTRAK

Sumber informasi secara real time terdapat pada lingkungan dunia nyata dari kehidupan sehari-hari yang dapat diproses secara real time oleh kecerdasan kognitif manusia. Tujuan dari kecerdasan umum buatan yang beroperasi dengan sumber daya terbatas di bawah batasan waktu di lingkungan seperti itu harus memilih dengan cermat informasi mana yang akan diproses dan yang akan diabaikan. Bahkan dalam sebagian kecil kasus di mana sumber daya yang cukup mungkin tersedia, perhatian dapat membantu memanfaatkannya dengan lebih baik. Semua tugas dunia nyata datang dengan batasan waktu, dan pengelolaan ini adalah bagian kunci dari peran kecerdasan. Kebanyakan peneliti kecerdasan buatan mengabaikan fakta ini. Sehingga, mayoritas arsitektur kecerdasan buatan yang ada secara keliru yang berdasarkan pada asumsi (eksplisit atau implisit) tentang tak terbatas atau memadai sumber daya komputasi. Perhatian belum diakui sebagai kunci kognitif proses sistem kecerdasan buatan dan khususnya bukan sistem kecerdasan umum buatan. Penelitian ini mengemukakan tentang perlunya mekanisme mutlak perhatian kecerdasan umum buatan. Pemeriksaan terhadap beberapa masalah terkait untuk perhatian dan manajemen sumber daya, meninjau pada penelitian sebelumnya tentang topik-topik dalam bidang psikologi dan kecerdasan buatan, yang menyajikan desain untuk mekanisme perhatian umum untuk Sistem kecerdasan umum buatan. Desain yang diusulkan terinspirasi oleh metodologi kecerdasan buatan yang konstruktif dengan tujuan pada kemandirian arsitektur, dan secara komprehensif membahas dan mengintegrasikan semua faktor utama yang terkait dengan perhatian hingga saat ini.

Kata Kunci: Kecerdasan buatan, kecerdasan umum buatan, *real time*.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebanyakan kecerdasan yang lebih tinggi di alam memiliki mekanisme bawaan untuk memutuskan bagaimana cara menerapkan kekuatan otak mereka dari waktu ke waktu. Hal ini disebut perhatian, dan mengacu pada sumber daya kognitif. Perhatian manusia adalah subjek yang dipelajari dengan cukup baik khususnya dengan di bidang psikologi kognitif dan dikenal sebagai kunci fitur kecerdasan manusia. Setiap saat dalam hidup kita menundukkan pikiran kita aliran besar data sensorik; bandwidth aliran ini jauh melampaui kapasitas dan kemampuan untuk memproses secara keseluruhan (Glass & Holyoak 1986). Tanpa perhatian maka akan terus dibebani dengan rangsangan, sangat mempengaruhi kemampuan untuk melakukan tugas, membuat keputusan dan bereaksi terhadap lingkungan. Karena dunia nyata adalah sumber yang lebih banyak informasi daripada agen cerdas tunggal mana pun yang bisa berharap untuk berperan secara kognitif dalam proses pada periode waktu tertentu, bahkan makhluk paling cerdas pun seperti manusia harus dilengkapi dengan semacam mekanisme perhatian, secara selektif sebagaimana ditulis oleh Kuipers (2005).

Perhatian alami adalah fungsi kognitif - atau satu set dari mereka - yang memungkinkan hewan untuk fokus sumber daya mereka yang terbatas pada bagian lingkungan yang relevan saat mereka melakukan berbagai variasi tugas, tetap reaktif terhadap peristiwa tak terduga. Tanpa kemampuan ini, kewaspadaan terhadap peristiwa di lingkungan saat melakukan tugas penting, atau beberapa sekaligus tugas, tidak akan mungkin. Selanjutnya, ketika dihadapkan dengan banyak tugas simultan, peran perhatian adalah untuk memungkinkan kinerja terdegradasi dengan informasi ditambah kelebihan beban, di mana fokus dipertahankan pada tugas-tugas yang paling mendesak sementara yang lain diabaikan atau ditunda, sebagai lawan dari semua tugas.

Kasus umum sejauh ini telah ada pada sistem perangkat lunak. Fungsi perhatian tidak hanya penting tetapi penting untuk semua sistem pemrosesan informasi intelijen umum yang beroperasi sehari-hari dalam lingkungan di bawah batasan waktu. Mempertimbangkan yang dimiliki oleh otak mengukur lebih banyak kapasitas pemrosesan daripada komputer yang ada saat ini, namun dibutuhkan.

Mekanisme perhatian yang sangat canggih berfungsi, untuk menciptakan sistem kecerdasan buatan yang beroperasi di lingkungan dunia nyata. Sangat masuk akal bahwa perhatian harus menjadi fokus dari banyak penelitian di bidang kecerdasan buatan. Namun, dalam pengembangan sistem

kecerdasan buatan, perhatian fokus yang diterima sangat terbatas, dan bahkan tidak umum dilihat sebagai fungsi pusat kognitif. Hal ini mengejutkan mengingat bahwa sistem apa pun yang diharapkan beroperasi di lingkungan dunia nyata akan menghadapi masalah yang persis sama dengan makhluk hidup, dan membutuhkan solusi yang secara fungsional. Kemungkinan Penjelasannya adalah bahwa para peneliti telah bekerja dengan asumsi, yaitu bahwa sumber daya sistem akan setiap saat mencukupi untuk memungkinkannya beroperasi dengan sukses di domain target. Namun, ini sangat dipertanyakan kapan kebanyakan kecerdasan alami tidak mengandalkan asumsi ini. Bahkan, di lingkungan dengan kompleksitas yang tinggi akan menyaingi dunia nyata yang cenderung membuat agen kognitif apa pun, tidak peduli seberapa pintar, dengan sumber daya tidak mencukupi bagian penting dari waktu operasionalnya.

Dari perspektif teknik, perhatian dapat dilihat sebagai optimasi sumber daya, kemampuan sistem untuk melakukan tugas-tugas di lingkungan yang kompleks sementara tidak membutuhkan jumlah sumber daya yang signifikan dibandingkan dengan kompleksitas tugas dan lingkungan serta penggunaan sumber daya yang ada hanya untuk informasi yang cenderung penting atau relevan.

Dalam pandangan ini, waktu itu sendiri dapat diperlakukan sebagai sumber daya. Sementara tujuan umum mekanisme perhatian, dapat diterapkan pada arsitektur kecerdasan buatan apa pun, bisa menjadi tujuan untuk diperjuangkan, kebebasan yang lengkap dari arsitektur telah secara praktis tidak mungkin, karena manajemen sumber daya menjadi masalah dalam struktur dan operasi arsitektur untuk membuat ini posisi teoritis. Karena itu, tujuan dari penelitian ini bukan untuk mengembangkan komponen perhatian yang dapat dicocokkan langsung ke arsitektur kecerdasan buatan yang ada. Sebagai hasil dari ketergantungan dari berbagai fungsi kognitif yang terkait dengan manajemen sumber daya,

Setiap upaya untuk menerapkan perhatian sebagai komponen arsitektur yang terisolasi sangat bermasalah karena interaksi yang kaya dari fungsi atensi dan semua utama fungsi kognitif, dan lebih jauh lagi bahwa pendekatan terbaik untuk arsitek kecerdasan buatan mendatang dengan fungsionalitas atensi adalah untuk mengatasinya di tingkat arsitektur dan inti mekanisme operasi. Dengan demikian jelas sejak awal bahwa perhatian adalah meresap, proses di mana-mana yang berinteraksi dengan hampir semua fungsi kognitif lainnya dan karenanya kedepan membutuhkan integrasi yang mendalam dan mendasar dengan arsitektur secara berganda tingkat; titik ini akan memberikan dukungan lebih lanjut nanti. Pendekatan holistik dan inklusif terhadap

perhatian yang diambil di sini termasuk kontrol yang diturunkan dari atas-ke-bawah, penyaringan dari bawah ke atas.

Jika dianggap bermanfaat dan sesuai, inspirasi dari penelitian tentang perhatian manusia akan diambil, tetapi itu bukan tujuan untuk memiliki komponen yang dihasilkan dibatasi oleh apa yang diketahui tentang fungsi perhatian manusia. Penelitian ini bertujuan untuk memotivasi mengapa perhatian lebih penting bagi gen buatan. Pekerjaan yang dipilih dari studi perhatian biologis di bidang psikologi kognitif dan neuroscience ditinjau dengan ide dan konsep yang berguna untuk implementasi perhatian untuk sistem kecerdasan buatan yang diekstraksi. Pertanyaan untuk perhatian dalam konteks desain, fungsi dan arsitektur disajikan dalam dan diikuti oleh formalisasi konsep operasional yang tersirat oleh persyaratan ini.

1.2 Sistem yang berhubungan dengan Perhatian

Semua jenis sistem pemrosesan informasi yang dimaksudkan untuk beroperasi dalam informasi yang kompleks dan tanpa panduan manual, baik diberikan selama desain atau pada runtime, membutuhkan mekanisme manajemen sumber daya yang canggih - dibahas di bawah dalam penelitian ini yang secara selektif memproses informasi dan kinerja membentuk tugas sambil tetap reaktif terhadap perubahan dalam lingkungan. Dengan jumlah informasi digital diproduksi oleh manusia yang berkembang pesat (Gantz 2011), pentingnya mekanisme perhatian buatan untuk jenis apa pun pada teknologi informasi sudah signifikan dan hanya akan terus tumbuh; sebuah kasus pada intinya adalah munculnya *big data* sebagai bidang penelitian dan aplikasi. Secara khusus, untuk mesin cerdas adaptif yang beroperasi di lingkungan sehari-hari juga diperlukan mekanisme seperti itu jika keinginan tersebut ingin diwujudkan. Kecerdasan umum buatan adalah cabang kecerdasan buatan yang relatif baru (konferensi AGI pertama diadakan pada 2008) itu telah melihat sekelompok kecil tetapi semakin banyak peneliti (kembali) yang berfokus pada salah satu yang di balik kecerdasan buatan, kecerdasan tingkat manusia dan seterusnya.

Sejak awal kecerdasan buatan sebagai bidang penelitian, adalah hal yang paling sering dikaitkan dengan konferensi bidang kecerdasan buatan. Namun beberapa upaya ambisius dan terkenal telah dilakukan ke arah ini tujuan, seperti General Problem Solver (Newell 1961), CYC (Lenat 1990), Koneksitas mesin (Hillis 1993) dan banyak lagi. Namun, sebagian besar peneliti mengabaikan tujuan ini sebagai hal yang berlebihan, karena kemajuan yang terbatas awalnya dibuat untuk mencapainya meskipun

ada upaya yang berlebihan, dan pindah ke memecahkan masalah terisolasi yang mengganggu bagian intelijen yang jauh lebih terbatas. Pencarian pada sub-bagian yang lebih terisolasi sekarang disebut sebagai kecerdasan buatan yang terbatas atau klasik. Ini alternatif kerja dengan memecahkan masalah yang didefinisikan dengan cukup baik pada waktu desain dan dilakukan dengan tidak mengganggu variasi operasional yang drastis atau bahkan terkenal saat runtime.

Sebaliknya, kecerdasan umum buatan menargetkan sistem yang dirancang untuk belajar menyelesaikan tugas-tugas baru dan beradaptasi dengan perubahan pada lingkungan. Perbedaan mendasar adalah bahwa sistem kecerdasan umum buatan dirancang untuk belajar dan beradaptasi sementara sistem kecerdasan buatan yang klasik dirancang untuk memecahkan masalah tertentu yang terisolasi yang mungkin atau mungkin tidak melibatkan beberapa tingkat pembelajaran saat runtime. Manfaat sistem kecerdasan umum buatan berjalan ke beberapa dimensi. Sistem kecerdasan umum buatan yang melanjutkan belajar dari pengalaman secara teoritis dapat mencapai lebih kuat, fleksibel dan adaptif.

Kinerja yang lebih baik daripada sistem perangkat lunak tradisional, termasuk jumlah yang ada pada pekerjaan kecerdasan buatan klasik. Berbeda dengan sistem kecerdasan buatan klasik yang diterapkan secara manual menangani serangkaian situasi yang ditentukan sebelumnya, sistem seperti itu secara otomatis masuk akal, dan bereaksi secara rasional terhadap, situasi dan perubahan baru dalam lingkungan operasi, termasuk perubahan yang tidak pernah diramalkan oleh pengembang sistem. Dalam sistem kecerdasan umum buatan, pemisahan baru rate sub sistem tidak perlu dirancang untuk setiap domain target sistem berlaku sendiri untuk: Arsitektur sistem yang sama dapat menangani berbagai domain dengan minimal atau tidak ada pekerjaan manual dari desainer manusia. Ini tentu saja akan menghasilkan peningkatan signifikan dalam usability ketika dibandingkan dengan sistem perangkat lunak saat ini. Itu adalah asumsi umum bahwa sistem kecerdasan buatan umum harus mampu berurusan dengan tujuan dan instruksi pada tingkat abstraksi yang jauh lebih tinggi daripada sistem perangkat lunak yang ada, yang sebagian besar meminta semua pengetahuan operasional yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang akan ditentukan secara rinci sebagai bagian dari setiap tujuan atau disalurkan ke sistem pada waktu yang lebih awal.

1.3 Kajian Teoritis dan Ilmiah

Kecerdasan umum buatan disebut sebagai arsitektur kognitif adalah sistem rekayasa terinspirasi oleh kognitif manusia yang dirancang untuk mengendalikan agen buatan untuk menyelesaikan masalah atau menjalankan tugas.

Sedangkan kecerdasan buatan umum kebanyakan mengacu pada rekayasa sistem buatan, arsitektur kognitif biasanya merupakan istilah yang lebih mencakup yang mengacu pada penyelidikan ilmiah kognitif dalam sistem alami.

Di sini akan digunakan secara bergantian mengacu pada sistem rekayasa yang bertujuan untuk kecerdasan tingkat manusia. Arsitektur ini menargetkan perangkat fungsi kognitif yang berbeda dan didasarkan pada perangkat yang berbeda asumsi teoritis dan motivasi, tetapi sebagian besar berbagi tujuan dengan target manusia seperti kecerdasan dan perilaku. Beberapa fungsi kognitif yang paling umum ditargetkan belajar, bernalar, perencanaan dan memori. Detail implementasi sangat bervariasi antar arsitektur, beberapa didasarkan pada jaringan saraf tiruan atau jenis lain dari pemrosesan simbolik, sementara yang lain didasarkan pada logika dan metode simbolik. Arsitektur hibrida yang mengandung kedua jenis pemrosesan juga ada (Duch et al. 2008).

Idealnya, pada arsitektur kognitif akan mengimplementasikan lingkaran persepsi tindakan yang lengkap di mana input dari lingkungan diproses untuk menemukan tindakan yang sesuai untuk dilakukan. Agen biasanya digerakkan oleh tujuan dengan tujuan yang disalurkan secara eksternal atau dibuat secara otomatis dengan serius. Beberapa jenis memori paling sering ada dan tersegmentasi dalam beberapa arsitektur mendatang untuk berbagai jenis seperti semantik, prosedural dan episodik. Biasa arsitektur untuk memuat memori kerja khusus ke mana informasi yang relevan dengan saat ini, tugas dan situasi disalin dari struktur memori jangka panjang. Baru-baru ini, sebuah aplikasi baru dengan pendekatan arsitektur kognitif dan kecerdasan buatan telah diusulkan, konstruksi kecerdasan buatan (Thórisson, 2009), yang menekankan sistem yang mengatur diri sendiri dan tumbuh sendiri, dan terdapat beberapa masalah yang harus diatasi untuk agar jenis arsitektur ini. Sifat paling kritis dari kognitif manusia yang biasanya diabaikan adalah arsitektur perhatian dan pemrosesan real-time, yang keduanya merupakan pusat pekerjaan. Pada bahasan ini perbedaan mendasar antara kecerdasan buatan klasik dan kecerdasan buatan umum yaitu menyangkut fungsi operasional dan konstruksi arsitektur. Sebuah arsitektur pandangan holistik, ditambah dengan perspektif konstruktivis yang kuat (Thórisson, 2012).

1.4 Pemrosesan Real Time

Meskipun jelas, penting untuk diingat bahwa manusia adalah informasi sistem pengolahan waktu-nyata. Tidak ada pilihan bagi kami untuk menjeda waktu dan keluar jalur untuk berunding tentang dunia nyata yang bergerak, apakah kita suka atau tidak. Sementara saat tidur bisa dilihat sebagai jenis pemrosesan off-

line, tidur jelas bukan reaksi rasional ketika dihadapkan dengan situasi kompleks yang membutuhkan tindakan segera. Hal yang sama harus berlaku untuk perwujudan sistem kecerdasan buatan yang beroperasi di lingkungan kita dan berinteraksi dengan kita. Pemrosesan waktu nyata lebih sering diabaikan dalam pengembangan arsitektur kecerdasan buatan.

Namun, kepentingannya menjadi jelas etika kami mempertimbangkan untuk mewujudkan sistem kecerdasan buatan melakukan dan bereaksi terhadap lingkungan dunia nyata yang kompleks. Untuk sistem seperti itu, seperti itu, jelas tidak ada peluang untuk pemrosesan offline selama operasi. Keputusan harus dibuat dalam sinkronisasi ketat dengan aliran waktu. Lingkungan seperti itu kurangi lebih banyak informasi sensorik daripada yang dapat diproses secara waktu nyata, baik dengan kondisi saat ini perangkat keras canggih atau otak manusia. Dalam kasus mesin, masalah informasi overload lebih parah daripada manusia, karena sistem persepsi manusia membentuk sejumlah besar preprocessing pada data sensorik sebelum bahkan mencapai otak dan diperkenalkan dengan kesadaran. Saat ini pemrosesan semacam ini hanya bisa sangat kasar diperkirakan dalam perangkat lunak, karena sifat tepat dari pemrosesan di otak ini tidak sepenuhnya dikenal. Secara efektif, mesin harus berurusan dengan data sensorik.

Pada saat yang sama, kesadaran dalam pengertian istilah intuitif hanya terpapar tinggi informasi yang diproses (seperti fitur atau objek) sementara mesin berpotensi harus berurusan dengan jutaan piksel. Tentu saja preprocessing data sensorik dalam sistem kecerdasan buatan yang diinginkan, tetapi saat ini masih jauh dari mampu mendekati kecanggihan pemrosesan ini seperti yang dilakukan di otak. Seiring berlalunya waktu tidak dapat dikendalikan, satu-satunya pilihan adalah memilih dan hanya memproses informasi penting.

Dengan demikian kita dapat mengatakan bahwa ketika kita memiliki persyaratan operasi lingkungan real-time, perhatian benar-benar merupakan perpanjangan dari persyaratan ini karena kami memiliki sedikit peluang memenuhi persyaratan real-time tanpanya. Kekuatan pemrosesan yang tak terbatas secara teori bisa memenuhi persyaratan real-time tanpa mekanisme perhatian, meskipun hasilnya akan sangat berbeda dari kognitif manusia dan kecerdasan seperti yang diketahui. Dalam konteks arsitektur kecerdasan buatan mesin cerdas, ada baiknya berhenti untuk saat untuk mempertimbangkan apa yang sebenarnya kita maksud dengan waktu nyata. Dalam rekayasa istilah biasanya mengacu pada penyelesaian tugas pemrosesan yang dijamin sebelum batas waktu, dengan penundaan apa pun melewati tenggat waktu yang dianggap sebagai kesalahan kritis (Ben-Ari 2006, p. 287-288). Disisi lain, hasil yang secara fungsional

benar yang datang terlambat (melewati tenggat waktu) dianggap salah. Namun, untuk sistem kecerdasan buatan, makna ini bisa menjadi masalah karena kita dapat mengharapkan sering terjadi, terutama di awal masa hidup sistem, ketika sistem sedang belajar banyak. Juga tidak praktis untuk menghentikan sistem otonom jika terjadi keterlambatan yang dibangun untuk operasi yang berkelanjutan dan diharapkan sebagian besar penundaan untuk tidak melakukannya memiliki dampak negatif ireversibel besar pada operasi sistem, khususnya dalam sistem dengan manajemen sumber daya yang efektif. Ini membuat "*soft real-time*" memproses lebih, di mana sistem diharapkan tepat waktu sebagian besar waktu sementara bahwa penundaan dapat terjadi, meskipun kasus-kasus seperti itu harus ditangani dengan cara-cara tertentu dan berusaha diminimalkan. Paradigma ini juga memungkinkan operasi yang memiliki lebih banyak pembatasan waktu yang fleksibel daripada tenggat waktu eksplisit. Sebaliknya untuk pemrosesan *real-time* konvensional, ini berarti bahwa ada hasil yang benar, tapi kurang berharga - meski masih benar dari yang tiba tepat waktu.

II. RUANG LINGKUP

Kecerdasan buatan dan khususnya kecerdasan buatan umum merupakan bidang studi yang relatif baru kemungkinan yang belum banyak dipelajari, dan bahwa subjek perhatian relatif tidak dieksplorasi dalam konteks sistem sintesis, penting untuk secara eksplisit tentang ruang lingkup penelitian ini. Terdapat beberapa kemungkinan berbeda yang tersedia untuk dilihat peran perhatian dalam konteks arsitektur kecerdasan buatan dan berbagai isu terkait perhatian yang bisa menjadi target investigasi, karena perhatian berinteraksi dalam beberapa cara dengannya semua fungsi kognitif lainnya.

Selain itu, terdapat sejumlah besar sumber yang memungkinkan untuk inspirasi.

Daripada berfokus pada tipe data tertentu, pendekatan penelitian saat ini. Perhatian diberikan sebagai topik umum manajemen dan kontrol sumber daya seluruh sistem, dan menargetkan semua data dan proses sistem yang lengkap. Fungsi kognitif terkait adalah ditujukan dan dibahas sesuai kebutuhan untuk tujuan perhatian, tetapi pengalihan pada banyak detail dari banyak fungsi kognitif yang dipengaruhi oleh dan terkait dengan perhatian dihindari sejauh yang dimungkinkan.

Bidang utama inspirasi untuk penelitian ini adalah psikologi kognitif dan pengalaman. arsitektur kecerdasan buatan. Referensi terbatas dibuat untuk hasil penelitian dan teori dari neuroscience, karena ini cenderung berada pada level yang jauh lebih rendah daripada level komputasi. Penelitian ini terutama membuat sistem yang dirancang di bawah metodologi

kecerdasan buatan konstruktif yang memiliki tingkat kemampuan introspeksi dan modifikasi diri yang jauh melampaui apa yang diketahui ada di alam.

Secara umum tidak cukup komprehensif untuk diambil sebagai dasar fundamental untuk bekerja dalam konteks arsitektur kognitif holistik. Penelitian ini ditargetkan pada arsitektur untuk sistem kecerdasan umum buatan, karena ini adalah jenis sistem yang paling menuntut dalam konteks perhatian, fungsi yang sedang diselidiki sangat relevan untuk beberapa jenis sistem lainnya, khususnya mereka yang berurusan dengan aliran data besar secara *real-time*. Hal ini termasuk (fungsionalitas) sistem terdistribusi di mana sejumlah besar proses harus dikoordinasikan dan sistem terkontrol serta embedded yang bertanggung jawab atas pengendalian secara *real time* dari sistem dengan banyak komponen. Penelitian ini berhubungan langsung dengan sistem keluaran yang harus beradaptasi dengan variasi substansial dalam tugas dan lingkungan yang kompleks dari waktu ke waktu dengan cara yang otonom.

Fungsi-fungsi mekanisme perhatian yang diusulkan yang berhubungan dengan pemilihan informasi dan penyaringan relevan dengan sistem yang harus memantau aliran data besar secara *real-time*, untuk informasi terkait tugas dan / atau tidak biasa. Fungsi perhatian yang dijelaskan dalam penelitian dikirim untuk mendeteksi informasi yang relevan dengan tugas, yaitu mengenai perhatian top-down - yang bergantung pada tujuan sistem yang secara eksplisit dinyatakan dan diwakili oleh lingkungan di sekitar sistem. Untuk sistem non kecerdasan umum buatan tanpa representasi tujuan internal yang eksplisit, beberapa hal mungkin dilengkapi dengan representasi tujuan eksplisit seperti itu, mungkin dengan sedikit usaha, di mana mekanisme perhatian yang disajikan dalam penelitian ini akan berlaku menjadi relevan.

Untuk menggambarkan hal ini, terdapat contoh hipotetis dengan sistem perdagangan keuangan yang menunjukkan bagaimana penelitian saat ini dapat menguntungkan kelas sistem yang luas. Sistem ini memperdagangkan keuangan terpilih dengan instrumen di berbagai pasar secara *real-time*, kegiatan pemantauan pasar dilakukan secara berkelanjutan. Semua sistem ini memiliki representasi tujuan yang eksplisit, di mana strategi yang mewakili dikirim sebagai tujuan tingkat tinggi yang melibatkan sejumlah sub-tujuan. Sistem perdagangan datang dalam tiga bentuk, di mana perbedaan antara bentuk mencerminkan tingkat otonomi yang berbeda. Sistem perdagangan dasar mengeksekusi strategi perdagangan yang diprogram sebelumnya secara manual pada instrumen yang dipilih secara manual pada waktu yang ditentukan secara manual, yang melakukan pembelajaran perdagangan.

Sistem melaksanakan strategi yang sama,

tetapi memutuskan strategi apa yang akan diterapkan pada instrumen selama waktu itu sendiri (kualitas sistem ini meningkat seiring waktu sebagai sistem belajar untuk membuat keputusan yang lebih baik berdasarkan dari pengalaman). Sistem perdagangan otonom melakukan semua fungsi sistem perdagangan pembelajaran selain menghasilkan strategi baru, kemungkinan menguntungkan berdasarkan pengalaman sistem, dalam mode diarahkan saat runtime tanpa campur tangan manusia. Sejauh persyaratan untuk perhatian diperhatikan, varian ketiga dari sistem perdagangan ini dapat dianggap sebagai sistem dengan tingkat kecerdasan umum buatan, sedangkan dua hal yang pertama dapat dilihat sebagai nuansa berbeda dari sistem kecerdasan buatan klasik, dengan demikian mekanisme perhatian yang disajikan di sini akan kurang relevan dengan dua pertama dari tipe ketiga.

Seperti yang telah disebutkan, fungsi perhatian untuk pemilihan informasi yang relevan dengan tugas representasi tujuan eksplisit, artinya sistem harus mewakili tujuannya dalam format dapat diakses oleh mekanisme perhatian. Kapasitas untuk memproses aliran data yang lebih besar dengan sumber daya tetap adalah salah satu manfaat dari pemilihan tugas yang relevan untuk semua sistem perdagangan. Dalam hal sistem perdagangan dasar, hanya informasi yang relevan dengan tugas saja berasal dari instrumen yang dirujuk oleh strategi perdagangan aktif, ini adalah jumlah terkecil aliran data yang harus diproses oleh sistem perdagangan mana pun. Sedangkan sistem bisa berdasarkan pemilihan tugas yang relevan pada aliran lengkap aktivitas pasar, manfaat dari pendekatan ini tidak signifikan berbeda dengan penggunaan data yang lebih kecil khususnya menargetkan instrumen terkait strategi ketika strategi diaktifkan.

Masalah yang lebih menantang dihadapi sistem pembelajaran perdagangan, yang harus mengalokasikan sumber tidak hanya untuk strategi aktif, tetapi juga untuk evaluasi strategi tidak aktif dalam mengirim kondisi pasar di semua instrumen yang berpotensi. Untuk sistem ini, semuanya aktivitas pasar mungkin relevan dengan tugas sampai taraf tertentu. Sebagai jumlah dari semua data yang tersedia mewakili besarnya informasi, dan sejumlah besar kemungkinan ada keputusan dalam hal jumlah pasangan strategi-instrumen yang mungkin, sumber daya ini.

Sistem ini terikat dan tidak mungkin untuk membeli sumber daya untuk mempertimbangkan setiap kemungkinan. Sistem dapat memanfaatkan fungsi atensi untuk pemilihan informasi yang relevan dengan tugas menyelesaikan masalah ini, secara selektif memproses informasi dari aliran data yang lebih besar dengan meningkatkan urutan relevansi tugas sebagaimana diizinkan oleh sumber daya

yang tersedia. Satu kemungkinan cara untuk menentukan tingkat relevansi tugas dalam hal ini adalah dengan menetapkan relevansi nilai maksimum untuk informasi yang terkait langsung dengan strategi dan instrumen aktif, sementara informasi terkait dengan strategi dan instrumen yang tidak aktif dinilai relatif terhadap keberhasilannya (laba) di masa lalu. Ini memastikan strategi aktif menerima sumber daya yang diperlukan sementara kemungkinan tidak aktif yang paling menjanjikan dianggap sejauh diizinkan oleh sistem sumber daya. Akhirnya, sistem perdagangan otonom dapat memanfaatkan fungsi perhatian ini dalam cara yang sama sementara faktor tambahan, terlalu mendalam untuk dibahas di sini, terkait strategi pembelajaran mempengaruhi proses pemilihan informasi.

Deteksi kebaruan, peristiwa tak terduga menggunakan proses atensi bottom-up adalah di berlakukan untuk sistem pemrosesan informasi apa pun karena fungsi ini tidak pada kondisi sistem di sekitarnya. Deteksi baru dapat menguntungkan perdagangan dasar. Sistem dengan memperingatkan pengawas manusia ketika peristiwa yang tidak biasa diamati. Dalam hal dalam sistem pembelajaran perdagangan, peristiwa yang tidak biasa dapat dianggap sebagai peristiwa pemicu untuk mengevaluasi strategi yang saat ini aktif atau memberi bobot lebih pada pertimbangan posisi tidak aktif terkait dengan sumber acara ini. Untuk sistem perdagangan otonom, mekanisme perhatian umum untuk sistem kecerdasan buatan dengan peristiwa aktual dapat melayani tujuan yang sama di samping berpotensi mengidentifikasi operasi baru dan peluang untuk mengejar generasi strategi baru.

Prioritas proses dan kontrol tidak relevan untuk sistem perdagangan dasar karena semua keputusan berhenti secara langsung dan tidak langsung ditentukan oleh kontrol manusia. Namun ini proses perhatian relevan dengan sistem perdagangan pembelajaran, terutama ketika masing-masing strategi dipandang sebagai suatu proses (atau unit fungsional yang terdiri dari beberapa proses. Dalam hal ini, hasil dari peningkatan fungsi-fungsi ini dapat memungkinkan sistem untuk mengelola sumber dayanya secara rasional dan mengendalikan pertimbangan kemungkinan tidak aktif sambil belajar untuk meningkatkan aspek-aspek ini dari operasinya sendiri dari waktu ke waktu. Untuk otonomi sistem perdagangan, manfaat yang sama dapat direalisasikan di samping kontrol prosedur yang terkait dengan pembuatan strategi yang diarahkan.

Seperti yang ditunjukkan contoh-contoh ini, persyaratan perhatian secara signifikan lebih tinggi untuk sistem kecerdasan umum buatan, daripada untuk sistem lain. Penekanannya, dan relevansi utama kecerdasan umum untuk penelitian ini. Selain jenis lain dari sistem perangkat lunak, kontribusi dari penelitian mungkin juga memiliki relevansi dengan ilmu saraf sebagai pikiran manusia ketika dipandang sebagai sistem

pemrosesan informasi - karena memuaskan banyak orang persyaratan arsitektur dan fungsional untuk perhatian. Namun, relevansi neuroscience dengan penelitian ini terbatas. Neuroscience berfokus pada operasi otak pada tingkat komputasi yang rendah. Bergantung pada bidang ini sebagai sumber utama inspirasi seperti mempelajari operasi tingkat rendah dari unit pemrosesan pusat untuk membangun program untuk mereplikasi beberapa fenomena yang dapat diamati secara langsung.

Namun demikian, perhatian biologis perlu dibentuk oleh medium fisik dan komponen fisiknya, yang sangat berbeda dari perangkat keras komputer. Kedua varietas datang dengan manfaat dan keterbatasan, tetapi sengaja mereplikasi satu keterbatasan dalam arsitektur yang didasarkan pada yang lain bukanlah pendekatan rasional untuk tugas yang dihadapi.

III. PENTINGNYA KECERDASAN UMUM BUATAN

Bagian ini membahas peran dan pentingnya perhatian untuk sistem kecerdasan buatan, dan khususnya membahas betapa pentingnya manajemen sumber daya berbeda dan lebih besar dalam hal sistem kecerdasan umum buatan daripada dalam sistem kecerdasan buatan klasik. Beberapa solusi untuk manajemen sumber daya yang diusulkan dalam kecerdasan buatan klasik juga ditinjau.

3.1 Kecerdasan Buatan dan Perhatian Klasik

Sistem kecerdasan buatan klasik adalah sistem perangkat lunak khusus yang dirancang untuk secara otomatis melakukan tugas-tugas spesifik dan didefinisikan dengan baik dalam spesifikasi lingkungan yang spesifik, baik menggunakan pembelajaran mesin, penalaran, statistik pemrosesan, dan atau masalah penargetan yang secara konvensional diperlukan beberapa tingkat kontrol manusia atau intervensi untuk melakukan. Sistem kecerdasan buatan tidak akan berfungsi di domain yang tidak dirancang untuk tanpa perubahan besar atau desain ulang.

Selama beberapa dekade, sistem kecerdasan buatan klasik telah berhasil digunakan dalam industri dengan dirancang agar memiliki kemampuan perhatian khusus. Bagaimana sistem ini menyelesaikan masalah nyata dalam lingkungan yang kompleks, banyak di antaranya menghasilkan lebih banyak informasi. Sistem yang dapat berharap untuk diproses secara real-time, namun diperlukan untuk melakukan tugas-tugas mereka, ketika desain mereka tidak mengambil fungsi yang diperhatikan.

Pertimbangkan secara mendasar apa itu sistem kecerdasan buatan klasik. Sistem

semacam itu dibuat khusus untuk tugas dan lingkungan tertentu yang tidak ditentukan diharapkan bervariasi secara signifikan, dengan sebutan istilah klasik. Implikasinya adalah begitu tugas dan lingkungan yang harus dihadapi sistem ditentukan, banyak yang harus dilakukan diketahui tentang jenis informasi apa yang akan berguna bagi sistem untuk diproses secara berurutan untuk membuat keputusan dan informasi apa yang dapat diabaikan dengan aman.

Pertimbangkan kasus berikut:

Sistem bermain catur dirancang untuk lingkungan yang terdiri dari diskrit 8 oleh 8 grid, masing-masing sel berada di salah satu dari set bagian terbatas di manapun diberikan waktu. Sistem seperti itu secara efektif dapat mengabaikan dunia nyata di sekitarnya lingkungan karena tidak ada yang di luar papan catur yang relevan, tidak perlu memproses informasi seperti manusia (visi, mendengar, dll.). Karena tugas bermain catur sudah ditentukan sebelumnya oleh aturan dari permainan dan struktur papan permainan, tidak ada peluang untuk ini informasi yang berasal dari sumber lain yang pernah ada relevan dengan sistem. Lebih jauh lagi, segala kemungkinan bahwa bagian baru akan di berlakukan pada beberapa titik ditambahkan ke set bagian yang mungkin dihalangi, seperti aturan permainan (dan dengan demikian persyaratan operasional sistem) sepenuhnya ditentukan sebelumnya dan statis. Jenis bidak catur yang baru tidak pernah diharapkan muncul di papan tulis dan cara baru untuk memindahkan bidak catur tidak akan pernah terjadi diizinkan untuk. Hasil akhirnya adalah bahwa sistem bermain catur beroperasi di dunia tertutup, tidak pernah dituntut untuk belajar tentang entitas baru atau cara baru hanya berdasarkan cara untuk memahami atau bertindak di lingkungannya.

Belajar apa saja yang dilakukan oleh sistem seperti itu menargetkan cara untuk memberikan efek dan bereaksi terhadap hal ini secara tertutup lingkungan deterministik dengan tujuan meningkatkan kinerja, diukur misalnya dengan rasio game yang dimenangkan. Tugas bermain catur adalah mungkin menyertakan batasan waktu, tetapi ini juga ditentukan sebelumnya sebagai bagian dari aturan permainan dan bersifat statis. Lingkungan akan melakukannya tidak berubah saat sistem berubah dalam permainan, reaksi apa pun terhadap lingkungan di luar bergiliran dalam batas waktu yang ditentukan sebelumnya adalah terbatas.

Dalam contoh bermain catur, lingkungan menyediakan sejumlah kecil informasi (minimum untuk pengkodean status board adalah 192 bit). Sebagai game proses, lingkungan hanya berubah ketika setiap pemain berubah dan setiap perubahan adalah kecil, dengan setiap gerakan tidak lebih dari 6 bit (keadaan dua kotak) informasi terdapat perubahan. Sementara ruang-ruang permainan sangat besar tapi terbatas, persepsi dan pemrosesan tindakan untuk tugas ini

sederhana dan tidak memerlukan penyaringan informasi atau prioritas. Manajemen sumber daya mungkin diperlukan untuk menentukan langkah selanjutnya pada sistem, tetapi ini hanya berlaku untuk pemrosesan internal dan sepenuhnya dikendalikan oleh jumlah waktu yang diizinkan ketika memutuskan giliran berikutnya. Selama setiap gerakan, maksimum jumlah waktu yang tersedia untuk keputusan tindakan diketahui sebelumnya, menyederhanakan manajemen sumber daya internal sebagai lawan dari manajemen sumber daya dengan skema interruptible.

Sementara lingkungan catur memiliki kompleksitas yang rendah dengan ukuran apa pun, banyak narasi yang ada baris sistem kecerdasan buatan berhubungan langsung dengan lingkungan dunia nyata.

Berikut ini menyajikan sebuah contoh dari sistem seperti itu. Dalam sistem pengawasan keamanan video, tugas yang dihadapi adalah mendeteksi manusia dan berusaha mengidentifikasi mereka. Input sensorik ke sistem terdiri dari video stream dari beberapa kamera, masing-masing menargetkan bagian yang berbeda dari target world environment bahwa sistem dimaksudkan untuk memonitor. Di asumsikan bahwa sistem harus memantau 20 umpan video seperti itu di mana setiap bingkai video adalah gambar 720p dan setiap umpan menyediakan 24 bingkai seperti itu per detik. Ini menghasilkan aliran sensor sekitar 1,3 GB informasi per detik, jelas sejumlah besar informasi untuk menerapkan pemrosesan kompleks secara real-time. Namun, seperti persyaratan operasional system statis dan dikenal pada waktu desain, adalah mungkin untuk mengurangi masukan formasi sangat awal dalam pipa sensorik dengan segera mencari setiap bingkai baru untuk fitur yang menunjukkan keberadaan manusia, misalnya, menggunakan teknik penglihatan komputer yang terkenal (misalnya pengklasifikasi Haar cascade (Viola 2001)). Fitur-fitur ini, setelah terdeteksi dan diekstraksi, dapat terbentuk dasar untuk mengidentifikasi individu tertentu. Tidak akan ada sistem seperti itu.

Diharapkan mengenali fitur-fitur baru, seperti menemukan tipe baru pakaian yang dikenakan dan mengklasifikasikannya dalam konteks pakaian yang terlihat sebelumnya, kurang diprogram secara eksplisit untuk melakukannya. Dalam setiap kasus, setiap dan semua informasi itu tidak menyiratkan keberadaan manusia tidak relevan dengan sistem dan dapat segera dibuang setelah pemrosesan awal karena tidak akan fakta tentang pengoperasian sistem. Dengan asumsi ada probabilitas 0,1 bahwa ada manusia di setiap bingkai video, dan ketika terdeteksi, fitur yang diperlukan untuk mengidentifikasi individu kira-kira 1/8 jumlah informasi yang terkandung dalam satu bingkai, aliran sensorik keseluruhan

jumlah sistem hanya 16,5 MB per detik. Efek dari mendesain perhatian statis ke dalam sistem, dimungkinkan oleh spesifikasi terinci di desain waktu dan diimplementasikan dengan memfokuskan sumber daya sistem ke informasi bangsa yang diketahui relevan, menghasilkan penurunan 80 kali lipat input stream sistem, membuat tugasnya secara signifikan lebih mudah untuk dilakukan. Complish tanpa bentuk, sumber daya yang dinamis atau sebaliknya, canggih pengelolaan. Persyaratan sumber daya sistem sangat konstan dan dapat diprediksi pada waktu desain. Perlu ditegaskan kembali bahwa pengurangan semacam ini dalam kompleksitas tidak mungkin dicapai tanpa adanya persyaratan operasional sistem yang telah ditentukan sebelumnya. Kapan saja kendala yang harus dipenuhi oleh sistem (mis. melakukan pengakuan terhadap Saya muncul secara individu dalam waktu 2 detik) dapat diatasi dengan mengoptimalkan kode atau menyesuaikan sumber daya perangkat keras sistem agar sesuai dengan respon yang diharapkan persyaratan sumber.

Contoh ini menunjukkan bagaimana sistem kecerdasan buatan klasik dapat tampak dangkal untuk ditangani. Dengan lingkungan dunia nyata, sementara mereka sebenarnya berurusan dan disederhanakan dengan memfilter representasi dari lingkungan seperti itu, dengan representasi yang secara mendikte ditentukan oleh persyaratan operasi dan tugas terbatas yang ditentukan sebelumnya. Itu tersisa kepada peneliti lain untuk memperluas ide ini ke contoh lain dari kecerdasan buatan klasik, seperti:

- Merutekan email dan panggilan telepon seluler
- Diagnosis medis berbasis gambar otomatis
- Panduan untuk rudal jelajah dan sistem senjata
- Secara otomatis mendaratkan pesawat
- Pengakuan pola keuangan
- Deteksi penipuan kartu kredit

Ketika spesifikasi lengkap tugas dan lingkungan ada, lingkungan operasi dari sistem menjadi dunia tertutup yang hanya terdiri dari informasi yang relevan dengan tugasnya. Sistem kecerdasan buatan klasik memiliki arti tertentu seperti pandangan visi terowongan pada lingkungan, dengan titik fiksasi statis. Spesifikasi lengkap dari informasi yang relevan dengan tugas dapat diturunkan dari spesifikasi operasi yang lengkap tanpa banyak usaha. Akibatnya, sistem dapat diimplementasikan secara manual pada waktu desain dan implementasi (seperti yang terlihat pada contoh di atas), dengan implementasi konkretnya adalah sistem memproses informasi tertentu yang berasal dari jenis fisik atau buatan sensor tertentu, sementara mengabaikan yang lain diketahui tidak relevan, semua ditentukan oleh operasi spesifikasi dan tugas yang ditentukan sebelumnya. Ini menghasilkan pengurangan yang sangat besar pada kerumitan dan jumlah informasi yang perlu ditangani sistem, berbeda dengan terus mengamati melalui semua saluran sensorik yang mungkin di lingkungan target.

Hal penting, frekuensi yang perlu diambil oleh lingkungan oleh system (tingkat informasi sensorik yang masuk), dan batasan waktu yang terlibat dengan target tugas, dapat juga diturunkan dari spesifikasi dengan cara yang sama.

3.2 Upaya Menuju Manajemen Sumberdaya Kecerdasan Buatan Klasik

Kecerdasan buatan klasik sebagian besar mengabaikan manajemen sumber daya dan karenanya tidak memberikan solusi yang memadai untuk masalah inti yang dibahas dalam penelitian ini, yaitu untuk memungkinkan sistem kecerdasan buatan umum untuk beroperasi di bawah berbagai kendala waktu dan keterbatasan sumber daya dalam lingkungan dunia nyata, beberapa pengecualian penting ditinjau dalam bagian ini. Meskipun tidak membahas manajemen sumber daya di bawah perhatian, tetap relevan dengan topik tersebut.

Russell et al. (1989) menyajikan kerangka kerja untuk meta-reasoning sebagai pendekatan desain untuk Agen kecerdasan buatan yang beroperasi dengan sumber daya terbatas. Daripada menargetkan perilaku optimal agen, mengambil langkah-langkah menuju rasionalitas terbatas sumber daya. Sementara tugas ini selesai dan berusia dua dekade, dengan jelas mengenali beberapa masalah yang dasar dalam mengilhami pekerjaan saat ini dan sebagian besar masih belum terselesaikan sampai sekarang. Pertimbangan masalah ini bahkan lebih relevan sampai saat ini:

Dalam tugas tersebut, pada pertimbangan tentang kemungkinan perhitungan yang menyatakan perubahan pada agen. Berbeda dengan pandangan tradisional tentang tindakan sebagai milik ke lingkungan eksternal, mengambil pandangan yang lebih umum yang mencakup internal perhitungan sebagai tindakan. Utilitas tindakan yang diharapkan digunakan untuk memandu pemilihan tindakan, di mana utilitas tersebut ditentukan oleh biaya-waktu, perubahan terkait dalam lingkungan eksternal dan perbandingan dengan rencana yang sudah ada sebelumnya. Alasan kerangka kerja ini penting karena secara langsung mengatasi tantangan yang dihadapi oleh agen kecerdasan buatan terkait untuk pemrosesan real time dan keterbatasan sumber daya, menyarankan metodologi untuk itu agen untuk secara introspektif mengelola sumber daya yang terbatas sambil memperhitungkan faktor waktu kendala dan ketersediaan sumber daya. Namun, pendekatan yang disarankan oleh Russell et al. (1989) memiliki beberapa masalah praktis yang melekat. Sementara berdasarkan pengambilan keputusan pada utilitas yang diharapkan menghasilkan model formal yang masuk akal untuk maksud yang diinginkan, masalah memperkirakan secara konkret utilitas yang

diharapkan tersebut tidak sederhana, bahkan ketika ruang lingkup dibatasi untuk operasi atom kecil dan kecil, langkah atom sepanjang dimensi temporal.

Kerangka kerja tidak secara langsung membahas fakta bahwa lingkungan dunia nyata adalah sedikit banyak stokastik, efek potensial dari suatu tindakan di lingkungan dapat diprediksi dengan tingkat kepercayaan yang berbeda, tetapi hasil yang sebenarnya tidak dapat dijamin. Di dunia nyata seseorang atau sesuatu dapat muncul secara tiba-tiba dan tidak terduga dan mengganggu operasi agen saat ini. Solusi yang diusulkan mungkin untuk memasukkan ketidakpastian ke dalam nilai utilitas yang diharapkan, dengan ketidakpastian yang lebih tinggi mengarah ke utilitas yang diharapkan lebih rendah. Masalah yang lebih besar adalah komputasi utilitas yang diharapkan untuk semua tindakan yang mungkin. Beberapa aplikasi praktis dari kerangka meta-reasoning ditulis dalam (Russell 1989) untuk masalah pencarian, yang umumnya bergantung pada ruang-negara representasi. Tapi melihat lingkungan dunia nyata dalam hal ruang-negara tidak mungkin menjadi pendekatan yang bermanfaat karena banyaknya – dan dalam beberapa kasus tak terbatas – jumlah bagian yang memungkinkan. Pertimbangkan ruang keadaan untuk agen kecerdasan buatan terlihat pada beroperasi di lingkungan dunia. Bahkan jika agen tidak melakukan apa-apa, keadaan baru di lingkungan adalah sangat mungkin terjadi segera. Jika agen memiliki aktuator seperti lengan manusia dan / atau kaki, ini harus dikontrol oleh perintah motor yang bernilai nyata, di mana setiap perintah menghasilkan efek yang berbeda di lingkungan. Proses pengambilan keputusan berdasarkan utilitas yang diharapkan melibatkan pengelolaan sumber daya yang signifikan.

Masalah di mana tidak semua tindakan yang mungkin dapat dipertimbangkan, jadi pilihan kegiatan untuk menghitung, menjadi proses mengkonsumsi sumber daya tambahan sangat diperlukan. Sementara meta-reasoning pada umumnya adalah kemampuan yang layak dikejar dalam sistem kecerdasan buatan, kerangka meta-reasoning yang dikemukakan oleh Russell et al. tidak menyediakan hal seperti itu untuk masalah ini.

Algoritma Anytime (Boddy & Dean 1989) adalah pendekatan lain yang telah disarankan untuk pengambilan keputusan yang sumber daya terbatas. Algoritma tersebut mengembalikan beberapa solusi untuk semua lokasi waktu komputasi (ketika waktu komputasi dilihat dalam iterasi atom dari algoritma) dan diharapkan untuk menghasilkan kualitas solusi yang lebih baik seperti yang diberikan dengan lebih banyak waktu. Algoritma semacam ini telah terbukti bermanfaat dalam beberapa jenis waktu, masalah perencanaan dependen (masalah routing khususnya), tetapi membutuhkan dekomposisi

mampu mengatasi masalah tingkat atas yang dapat dipecahkan dengan cara divide-and-conquer agar bekerja.

Ide algoritma kapan saja dapat relevan dengan pembangunan sistem arsitektur kecerdasan umum, dan mungkin terbukti berharga untuk beberapa aspek operasi mereka. Misalnya, seperti fungsionalitas mungkin berguna dalam menghasilkan prediksi, karena sistem kecerdasan umum buatan akan bergantung pada sumber daya yang tersedia dalam pencarian (dalam arti umum) - dengan menghasilkan dengan utilitas lebih tinggi dari yang diperkirakan sebelumnya. Namun tidak mewakili kebijakan kontrol sumber daya tingkat atas yang layak untuk sistem kecerdasan buatan umum, seperti pengambilan keputusan tidak mungkin sepenuhnya didasarkan pada fungsi-fungsi yang terdiri dari seragam.

Tetapi bahkan jika itu masalahnya, pertanyaan tentang bagaimana untuk mencapai perilaku kapan saja. Untuk banyak fungsi yang harus mampu dilakukan oleh pikiran yang cerdas dalam lingkungan yang kompleks tetap tidak terjawab. Pada dasarnya, setiap kecerdasan buatan umum yang beroperasi di lingkungan kompleksitas dunia nyata harus, sebagai satu kesatuan, memiliki karakter operasional kapan saja.

Relevansi perhitungan kapan saja dengan sistem kecerdasan buatan umum adalah perlu langkah pertama, yang dilakukan oleh pekerjaan awal Boddy & Dean, tetapi masalah sulit desain sistem kecerdasan umum buatan dengan cara ini tetap tidak tertangani.

Beberapa penelitian juga telah dilakukan pada alasan di bawah keterbatasan sumber daya. Khususnya, (Horvitz 1988 & 1989) menjelaskan strategi yang didasarkan pada teori keputusan untuk kesimpulan logis yang menunjukkan beberapa kualitas algoritma kapan saja di mana ketidakpastian diperhitungkan ketersediaan sumber daya dari waktu ke waktu. Horvitz mengusulkan pendekatan probabilistic kesimpulan menggunakan jaringan kepercayaan yang disebut pengkondisian terbatas. Karya Horovitz dan arah penelitian umumnya memiliki hubungan yang erat dengan Alasan Non-Aksiomatik Arsitektur Sistem (NARS).

Terdapat beberapa masalah yang melekat dalam pendekatan keputusan teoritis untuk menarik perhatian sistem kecerdasan umum buatan. Fungsionalitas seperti menemukan tindakan dengan nilai maksimum yang diharapkan adalah hampir tidak mungkin untuk diterapkan dalam sistem kecerdasan umum buatan praktis, masalah penghitungan semua tindakan yang mungkin saja tidak signifikan karena sistem mungkin memiliki beberapa actuator yang menerima parameter bernilai nyata (berkelanjutan). Sekalipun pencacahan seperti itu bisa dilakukan jika sudah dipastikan, serangkaian tindakan yang mungkin

cenderung sangat besar dan mungkin tak terbatas, sistem yang terbatas sumber daya tidak dapat secara realistis diharapkan untuk menghitung yang diharapkan nilai untuk setiap tindakan yang mungkin. Selain itu, pendekatan teoritik keputusan adalah umum berdasarkan asumsi yang tampak terlalu meragukan untuk sistem yang beroperasi di dunia lingkungan nyata, yaitu asumsi informasi yang sempurna dan lingkungan yang dapat diprediksi.

Kritik lain terhadap teori keputusan yang disebut sebagai fallacy ludic (Taleb 2007), adalah sangat relevan dalam konteks karya ini. Model statistik dan matematika memiliki keterbatasan yang melekat dalam memprediksi peristiwa masa depan karena ketidakmungkinan sempurna, lengkap informasi dan fakta bahwa data historis tidak secara langsung membantu menjelaskan atau memprediksi peristiwa yang belum terjadi sebelumnya tanpa proses penalaran diterapkan.

Dalam hal ini, pendekatan teoretis keputusan dapat dikatakan berfokus pada variasi yang diharapkan, sementara tidak dapat memperhitungkan peristiwa yang tidak terduga, berfokus pada yang tidak diketahui yang diketahui sambil mengabaikan tidak diketahui dan tidak dikenal.

3.3 Pemikiran Mendasar Kecerdasan Umum Buatan

Perkembangan sistem kecerdasan buatan yang klasik ke sistem kecerdasan buatan umum membutuhkan pemikiran mendasar dalam arti kecerdasan. Tidak lagi cukup untuk bekerja dari definisi fenomena yang tidak jelas Walaupun tidak ada satu definisi tentang kecerdasan, siapa pun yang melakukan penelitian di bidang kecerdasan buatan perlu memilih definisinya untuk menentukan tujuan penelitian, persyaratan teknik, dan untuk mengevaluasi kemajuan. Wang (2006) memberikan diskusi mendalam tentang definisi yang bersaing untuk kecerdasan, daftar beberapa contoh terkenal (tetapi tidak diterima secara universal). Ini termasuk:

- Lulus tes Turing. (Turing, 1948)
- Perilaku dalam situasi nyata yang sesuai dan adaptif dengan kebutuhan sistem dan tuntutan lingkungan. (Newell & Simon, 1976)
- Kemampuan untuk memecahkan masalah yang sulit, tanpa pertimbangan waktu yang jelas. (Minsky, 1985)
- Mencapai sasaran dalam situasi di mana informasi yang tersedia memiliki karakteristik yang kompleks. teristik. (McCarthy, 1988)

Sebelum melanjutkan, disampaikan definisi penelitian tentang kecerdasan, dalam arti bahwa ini adalah kemampuan umum yang ingin dicapai dalam sistem kecerdasan umum buatan yang dimaksudkan untuk penelitian saat ini untuk berkontribusi. Dipilih definisi buatan dari Wang definition of intelligence (Wang 2013) karena

cocok dengan pandangan peneliti sendiri. Mengadopsi definisi ini mengharuskan penolakan terhadap semua definisi yang tidak kompatibel, termasuk yang dalam daftar di atas. Selanjutnya, definisi Wang menggambarkan properti operasional yang terukur dari sistem, yang sangat memudahkan evaluasi. Kecerdasan, sebagai bentuk adaptasi berbasis pengalaman, adalah kemampuan sistem informasi untuk mencapai tujuannya pengetahuan dan sumber daya yang tidak memadai. (Wang 2013: p. 16). Perbedaan antara kecerdasan buatan klasik dan kecerdasan umum buatan sangat penting sehubungan dengan perhatian.

Dalam kasus sistem kecerdasan buatan klasik, tugas dan lingkungan operasi diketahui (atau sebagian besar dikenal) pada waktu desain. Dalam sistem seperti itu, dunia sebagian besar tertutup, dalam arti bahwa segala sesuatu yang perlu diketahui oleh sistem diketahui pada waktu desain (dalam pengertian ontologis). Sementara pengoperasian sistem mungkin melibatkan pembelajaran, tepatnya apa yang harus dipelajari juga ditentukan secara rinci pada waktu desain. Menggunakan spesifikasi tugasnya, sistem kecerdasan buatan klasik dapat menerapkan perhatian dengan menggabungkan metode berikut.

- Sepenuhnya mengabaikan modalitas (dalam arti umum, yaitu aliran data) tersedia namun tidak relevan dengan tugas yang ditentukan.
- Memfilter data untuk karakteristik yang diketahui, pada waktu desain, menjadi tugas relevan.
- Sampling lingkungan pada frekuensi yang sesuai (biasanya minimum frekuensi yang masih memungkinkan untuk kinerja yang dapat diterima).
- Membuat keputusan untuk bertindak pada frekuensi yang telah ditentukan yang sesuai dengan tugas sebagai filed.

Kombinasi dari metode ini dapat memungkinkan sistem kecerdasan buatan klasik untuk secara efektif menyaring informasi yang datang untuk menangani kelebihan informasi, serta waspada terhadap pra-interupsi didefinisikan. Karena tugas dan lingkungan diketahui, batasan operasional adalah juga diketahui sampai batas tertentu, termasuk batas-batas sehubungan dengan seberapa banyak informasi sistem akan terpapar. Jenis perhatian tetap berdasarkan metode yang dijelaskan di atas, bersama dengan alokasi sumber daya perangkat keras yang tepat, akan cukup untuk sebagian besar sistem kecerdasan buatan klasik.

Bagian sebelumnya membahas contoh tugas kecerdasan buatan klasik. Sebaliknya, dalam sistem kecerdasan umum buatan untuk mengetahui hal-hal ini sebelumnya tidak mungkin - dengan desain dan kebutuhan. Sebagai ilustrasi, berikut ini adalah contoh tugas tingkat kecerdasan umum buatan dalam realita lingkungan dunia:

Mari kita bayangkan robot penjelajahan yang bisa digunakan, tanpa persiapan khusus, pada semua lingkungan, dan bergerak di antara tanpa terdapat masalah serius. Berbagai lingkungan yang mungkin ditemui robot sangat bervariasi dalam dinamika dan kompleksitas; mereka bisa sangat invariant seperti permukaan Mars atau gurun Sahara dan dinamis seperti halnya di hutan dan kedalaman lautan. Dianggap robot itu dilengkapi dengan sejumlah aktuator dan sensor dan dirancang untuk secara konsisten menahan kondisi lingkungan sekitar dari lingkungan ini.

Hal ini memiliki beberapa pengetahuan umum yang sudah diprogram, tetapi tidak diberikan pengetahuan khusus misi sebelum penempatan, hanya sasaran tingkat tinggi yang terkait dengan penjelajahan, dan baik penciptanya maupun sebelumnya tidak tahu mana lingkungan dapat dipilih atau bagaimana mereka dapat berubah setelah penyebaran. Untuk keperluan contoh ini, misi diasumsikan sebagai waktu dibatasi tetapi sebaliknya terbuka. Robot tersebut memiliki tujuan eksplorasi, yang diterjemahkan menjadi pembelajaran tentang lingkungan, melalui pengamatan dan aksi.

Segera setelah ditempatkan, robot menemukan dirinya dalam situasi yang tidak dikenal, di mana ia memiliki sedikit atau tidak sama sekali pengetahuan tentang cara beroperasi. Kemampuan adaptasi dan reaktivitas adalah persyaratan penting karena lingkungan mungkin mengandung banyak ancaman yang harus ditangani mengingat kinerja robot tujuan bertahan hidup yang berkelanjutan. Aktuator spesifik dapat berfungsi lebih baik daripada yang lain di lingkungan tertentu, misalnya saat bergerak atau memanipulasi benda, dan ini harus dipelajari oleh robot secepat mungkin. Kembali manajemen sumber adalah masalah inti, karena sumber daya robot terbatas. Sumber daya termasuk energi, kapasitas pemrosesan, dan waktu: Waktu tidak hanya sumber daya dalam hal durasi misi tetap, tetapi pada tingkat yang lebih rendah juga karena situasi tertentu, terutama yang melibatkan ancaman, sudah melekat tenggat waktu untuk bertindak. Skema manajemen sumber daya harus dinamis sebagai peristiwa tak terduga yang memerlukan tindakan (atau tidak bertindak) dapat terjadi kapan saja. (Thórisson & Helgason 2012:4)

Contoh ini menggambarkan kasus di mana manfaat memiliki spesifikasi operasional yang terperinci. Spesifikasi pada waktu desain tidak tersedia. Tujuan dari desain sistem kecerdasan buatan adalah ditekan pada abstraksi tingkat tinggi, menghalangi spesifikasi seperti itu. Di sini metode untuk mengurangi informasi dan kompleksitas untuk sistem kecerdasan buatan klasik, yang dibahas di atas, tidak banyak membantu. Agar robot eksplorasi dapat mencapai sasaran tingkat tinggi, apa pun dari indranya informasi mungkin relevan. Pada saat yang sama, sumber dayanya terbatas; memberi sama

perawatan untuk semua informasi secara praktis tidak mungkin. Sasaran yang ditentukan pada tingkat tinggi abstraksi tidak unik untuk contoh ini; mereka adalah kumpulan fitur dari semua sistem kecerdasan umum buatan.

Sistem seperti itu harus belajar untuk mencapai tujuan mereka sendiri (tingkat tinggi) dengan berhubungan mereka ke pengalaman sensorik mereka yang dikumpulkan dalam lingkungan dunia nyata yang kompleks. Sudah beberapa referensi untuk lingkungan "dunia nyata" telah dibuat. Adalah mungkin untuk membangun penelitian Russell & Norvig (2003) dalam mengklasifikasikan lingkungan untuk agen kecerdasan buatan.

IV. METODE KECERDASAN BUATAN UMUM

Ketika mempertimbangkan sistem pemrosesan informasi yang memiliki kecerdasan yang beroperasi di lingkungan yang kompleks di bawah berbagai kendala waktu, seperti yang didefinisikan oleh Wang (2006), kebutuhan akan kemampuan introspektif pada bagian dari sistem dengan cepat menjadi jelas. Kecakapan di bawah pengetahuan dan sumber daya yang terbatas merupakan pusat pandangan kecerdasan ini. Dalam lingkungan yang menghasilkan informasi sensorik berlimpah manajemen sumber daya masalah sangat penting karena kapasitas pemrosesan sistem sangat dikuasai oleh jumlah informasi yang dihasilkan oleh lingkungan, yang membutuhkan sistem untuk terus memantau dan mengantisipasi penggunaan sumber daya - suatu kegiatan yang lagi-lagi membutuhkan fungsionalitas introspektif. Meta-learning, konfigurasi diri dan perhatian adaptif contoh lain dari operasi introspektif, beberapa - dan kemungkinan semua - yang mungkin.

Model agen tradisional (Russell & Norvig 2003) secara teoritis dapat diterapkan pada sistem yang menunjukkan kualitas-kualitas ini, dengan asumsi bahwa operasi introspektif terjadi dalam agen sudah ada dalam model. Namun, pendekatan ini terlalu menyederhanakan masalah dan mengaburkan elemen penting dari operasi sistem. Selain itu, tidak memberikan dukungan dalam menghasilkan kemampuan introspektif ini. Argumen yang kuat dapat dibuat karena ada manfaat besar untuk aplikasi yang berbeda pendekatannya, yaitu memperluas bagaimana lingkungan dan tubuh agen didefinisikan termasuk lingkungan internal sistem itu sendiri. Pandangan ini menghasilkan sensor terpadu di mana informasi dari lingkungan eksternal dan informasi dari lingkungan internal diamati dan diproses dengan cara yang identik.

Metode arus utama untuk pengembangan perangkat lunak adalah konstruksionis (Thórisson 2012a, Thórisson et al. 2004), bergantung pada desain manual dan

implementasi kode tangan sistem, menghasilkan struktur statis dan kemampuan statis selama operasi. Pendekatan mencakup hampir semua sistem kecerdasan buatan yang dikembangkan hingga saat ini. Sistem berdasarkan pada pendekatan secara terstruktur cenderung rapuh secara operasional karena mereka tidak dapat mentolerir situasi di luar yang dimaksudkan oleh perancang sistem; perubahan paling signifikan pada tugas sistem atau lingkungannya memerlukan konfigurasi ulang sistem secara manual. Sementara praktek rekayasa tradisional melihat ini sebagai fitur dari kecerdasan umum buatan.

Melihat ini sebagai *bug*. Seperti rekayasa perangkat lunak pada umumnya, bidang kecerdasan buatan telah diandalkan metode konstruksionis sejauh ini, mencapai sukses besar dalam membangun sistem modular itu mengatasi masalah yang telah ditentukan sebelumnya yang terisolasi. Sistem kecerdasan buatan klasik. Namun, keberhasilan metode konstruktivis dalam sistem kecerdasan buatan klasik tidak harus diterjemahkan dengan baik ke sistem kecerdasan umum buatan. Sebagai contoh, pertimbangkan bahwa sistem operasi Microsoft Windows XP memiliki 40 juta baris kode sumber program. Menjadi sistem perangkat lunak yang sangat modular, efek dari semua interaksi yang mungkin dalam sistem seperti itu sudah signifikan, tantangan kompleksitas untuk tim insinyur perangkat lunak apa pun, terlepas dari ukuran atau kapasitas.

Jumlah pembaruan perbaikan *bug* (mencapai ratusan) yang dirilis untuk sistem operasi tertentu mendukung pandangan ini dan bukan tidak biasa untuk sistem operasi populer kompleksitas yang sebanding secara umum. Sistem operasi bertanggung jawab untuk menyediakan antarmuka pengguna, mengelola sumber daya perangkat keras (komputasi, memori, ruang disk), mengendalikan komunikasi dengan berbagai perangkat perangkat keras (monitor, mouse, keyboard, printer, dll.) dan tugas lainnya. Meskipun ini mungkin terdengar rumit, perbedaan mendasar, perbedaan dalam kompleksitas antara pengoperasian sistem operasi modern dan level kecerdasan manusia yang terkandung di dunia nyata harus jelas. Otak manusia memiliki seratus miliar neuron dan setiap neuron memiliki 7.000 koneksi ke neuron lain rata-rata 10 neuron. Tidak perlu menetapkan jenis kesetaraan di antara suatu garis kode program dan neuron untuk melihat bahwa kompleksitas kecerdasan tingkat manusia urutan besarnya di luar kompleksitas sistem operasi, bahkan jika hanya dari neuron terlibat langsung dengan apa yang kita anggap kecerdasan. Neo-korteks saja, daerah otak yang paling sering dikaitkan dengan kecerdasan umum pada manusia, mengandung sekitar 30 miliar neuron.

Agar ada peluang keberhasilan dalam membangun sistem kecerdasan umum buatan

yang mampu mencapai hamper tingkat kecerdasan manusia, metode pengembangan perangkat lunak baru sangat dibutuhkan. Mengingat kompleksitas tugas dan keterbatasan kognitif perangkat lunak, metodologi tersebut harus mengikuti pendekatan yang sangat berbeda dari metodologi saat ini. Karena itu memiliki sedikit peluang untuk mengimplementasikannya secara manual jenis sistem secara langsung, harus meninggalkan pendekatan saat ini dari sistem manual tanda tangan, hanya menyisakan opsi untuk mendelegasikan sebagian besar pekerjaan rekayasa perangkat lunak ke sistem kecerdasan umum buatan sendiri. Alasan lain yang sama pentingnya untuk ditinggalkan metodologi perangkat lunak modern sebagai cara (satu-satunya atau utama) dalam implementasi sistem kecerdasan umum buatan adalah fakta bahwa tidak seperti sistem yang ditargetkan untuk memecahkan satu atau satu set sederhana yang telah ditentukan tugas, sistem kecerdasan umum buatan dapat menemukan tugas yang benar-benar baru, skenario, dan bahkan operasi lingkungan hidup. Kecuali jika sistem memiliki semacam kemampuan modifikasi diri, perubahan radikal dalam lingkungan atau tugas sistem yang ditargetkan jelas akan menyebabkan rincian operasional

4.1 Desain

Persyaratan mekanisme desain perhatian dihasilkan dari (a) kapasitas operasional, kemampuan yang ingin dibawa oleh pekerjaan ini ke sistem tingkat kecerdasan umum buatan serta (b) bagaimana cara kerjanya dimaksudkan untuk berkontribusi pada bidang kecerdasan buatan. Ini mewakili dasar persyaratan yang telah memberikan ruang untuk penelitian berikutnya. Karena penelitian ditujukan untuk sistem kecerdasan umum buatan, maka tepat untuk membahas hal umum terlebih dahulu.

Umum memiliki makna ganda, pertama, tujuan mencapai arsitektur Kemandirian sangat diinginkan. Mencapai panggilan kebebasan arsitektur untuk desain yang sangat umum, dan kemungkinan kontingensi, karena arsitekturnya sangat beragam prinsip dan struktur operasional mereka (lih. Duch et al. 2008, Thórisson & Helgason 2012).

Persyaratan kemandirian arsitektur adalah keputusan, berusaha untuk memaksimalkan kontribusi penelitian ini ke bidang kecerdasan buatan dan komunikasi ilmu komputer. Seperti dibahas dalam bagian sebelumnya, ketika fungsi perhatian dilihat sebagai manajemen sumber daya holistik dan terpadu, ada celah besar dalam tubuh yang ada bekerja pada kecerdasan buatan. Beberapa upaya telah dilakukan untuk menjawab pertanyaan bagaimana sistem kecerdasan umum dapat beroperasi di

lingkungan yang kompleks di bawah kendali *real-time* kesulitan dengan sumber daya yang terbatas. Sayangnya, mencapai persyaratan desain ini dalam pengertian yang ketat praktis tidak mungkin, karena fungsionalitas yang diperlukan untuk jenis perhatian ini. Mekanisme ini terlalu mendalam dan saling berhubungan dengan arsitektur sekitarnya. Masa depan, tidak mungkin menembus lapisan abstraksi dan detail yang lebih rendah untuk prinsip pengoperasian tanpa membuat beberapa asumsi berkaitan dengan arsitektur sekitarnya saat mendatang.

Dengan pertimbangan ini, bentuk yang lebih lemah dari persyaratan ini - penargetan yang berkualitas kemandirian arsitektur - dapat dinyatakan, dan ditargetkan di sini.

Persyaratan desain 1: Mekanisme perhatian harus berlaku untuk berbagai kemungkinan arsitektur kognitif yang memenuhi kebutuhan arsitekturalnya. Keberhasilan tujuan desain ini dapat diukur dengan seberapa jauh respons arsitektur. Kebutuhan mempersempit himpunan arsitektur target potensial. Itu harus secara eksplisit dinyatakan bahwa kesuksesan tanpa syarat untuk tujuan kebebasan arsitektur tidak pernah diharapkan. Dalam konteks sistem kecerdasan umum buatan, ada berbagai cara untuk menafsirkan makna "keumuman". Dalam arti sempit, sistem kecerdasan umum buatan harus mampu beradaptasi. Perubahan tugas dan lingkungan operasi dalam satu jenis lingkungan, khususnya ke tingkat detail. Pertimbangkan misalnya respons robot rumah tangga. Biasanya untuk melakukan tugas-tugas di lingkungan rumah yang khas. Jika robot seperti itu mampu menyesuaikan diri dengan perubahan seperti penampilan atau hilangnya furnitur, peralatan dan penghuni - dan bagaimana perubahan ini memengaruhi tugasnya - arsitek kognitif Masa depan robot, meskipun dirancang khusus untuk lingkungan rumah, dapat dikatakan untuk memenuhi persyaratan tersempit dari kecerdasan umum buatan. Jenis generalitas yang diperlihatkan dalam contoh ini cukup akan disebut sebagai tugas-umum.

Sebaliknya, mari pertimbangkan sistem kecerdasan umum buatan yang dirancang untuk mendukung semua jenis lingkungan yang dapat diamati menggunakan modalitas sensorik yang diilhami manusia (visi, taktikal dll) sambil memahami tugas-generalisasi. Sistem seperti itu berpotensi untuk dirancang dipekerjakan di hampir semua lingkungan fisik yang ada di alam semesta yang dikenal. Namun, karena lingkungan fisik mungkin bukan satu-satunya lingkungan yang menarik untuk sistem kecerdasan umum buatan, jenis generalitas ini akan disebut sebagai generalitas lingkungan yang lemah. Perhentian terakhir pada dimensi generalitas adalah sistem kecerdasan umum buatan yang mempertahankan tugas umum tetapi dapat mendukung semua jenis lingkungan - tidak hanya fisik tiga dimensi lingkungan

nasional - selama ada sensor yang dapat merasakan lingkungan dan aktuator yang bisa mengubahnya. Seiring melepaskan ketergantungan pada modalitas yang diilhami manusia, sejumlah besar lingkungan non-fisik menjadi terbuka untuk aplikasi. Sebagai contoh, sistem seperti itu dapat digunakan untuk instrumen perdagangan keuangan di pasar saham, strategi perdagangan yang efisien sambil merasakan perubahan harga dan saluran informasi lainnya yang jauh dari saluran indera manusia. Jenis sistem ini ditampilkan suatu jenis sifat umum yang secara merata dapat disebut sebagai perwujudan sifat umum atau generalitas lingkungan yang kuat.

Penelitian ini mengadopsi definisi kecerdasan yang diusulkan oleh Wang (2013), kecerdasan dipandang sebagai kemampuan umum yang tidak tergantung pada perwujudan dan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini menargetkan sistem kecerdasan umum buatan di akhir dimensi.

Persyaratan desain # 2: Mekanisme perhatian menargetkan arsitektur kecerdasan umum buatan yang mendukung generalitas dalam tugas, perwujudan dan lingkungan. Membatasi sebagai asumsi untuk tugas, perwujudan atau lingkungan dihindari dalam desainnya. Seperti yang tersirat oleh perwujudan-generalitas, mekanisme perhatian yang diusulkan di sini tidak tidak membatasi saluran penginderaan atau aktuator ke set yang telah ditentukan. Ini mengarah ke seragam pendekatan di mana semua modalitas diperlakukan dengan cara yang identik sementara karena alasan kepraktisan - preprocessing khusus modalitas diperbolehkan. Misalnya, tidak sulit untuk melihat bahwa menangani penglihatan dengan bekerja dengan piksel tunggal pada tingkat kognitif hampir tidak pada pendekatan praktis.

Memproses ulang informasi visual yang menghasilkan fitur tingkat yang lebih tinggi menjadi input aktual ke tingkat kognitif adalah solusi yang lebih realistis. Namun, ini dapat dilihat sebagai perubahan pada sensor daripada bagian kognitif dari sistem kecerdasan umum buatan. Satu sensor kamera dapat memasok piksel mentah sementara yang lain memasok aliran fitur visual tingkat yang lebih tinggi. Untuk sistem, ini hanyalah dua sensor yang berbeda.

Persyaratan desain # 3: Mekanisme perhatian memperlakukan informasi dari semua modalitas sensorik secara seragam. Preprocessing khusus modalitas harus dilihat sebagai milik sensor. Metodologi kecerdasan buatan konstruktif (Thórisson 2012a) ditinjau dan motivasi yang diberikan mengapa penelitian ini mengadopsi metodologi seperti itu. Sistem apa pun yang ditugaskan dengan mengendalikan pertumbuhannya sendiri secara terarah ke tingkat arsitektur membutuhkan kemampuan introspektif substansial, baik

dalam hal pengamatan dan pemahaman kedudukan. Seperti dibahas sebelumnya, sistem kecerdasan umum buatan praktis akan menampilkan secara signifikan lebih besar kompleksitas daripada sistem perangkat lunak yang ada saat ini, yang mengandung banyak komponen akting. Dengan pemikiran ini, aktivitas internal dari sistem semacam itu mungkin dipandang sebagai saluran sensor kaya yang harus dipantau dan diproses secara selektif oleh sistem. Sangat masuk akal untuk mengasumsikan bahwa fungsionalitas perhatian akan dibutuhkan di sisi internal juga untuk mengaktifkan fungsi meta-kognitif yang bertanggung jawab atas pertumbuhan sistem untuk beroperasi secara real-time sementara sumber daya sistem tetap terbatas. Mengapa perlu ditambahkan mekanisme perhatian terpisah untuk tujuan ini, ketika perhatian umum mekanisme sudah ada di tempat? Karena sifat umum dari mekanisme perhatian diajukan dalam penelitian ini kemandiriannya dari semantik khusus domain dari data input - tidak ada yang menghalangi internal sistem yang dibangun sesuai dengan prinsip-prinsipnya dipandang sebagai lingkungan yang terpisah atau tambahan untuk lingkungan eksternal dalam hal ini fungsionalitas perhatian. Potensi manfaat menerapkan mekanisme perhatian yang sama ke lingkungan eksternal serta lingkungan internal, untuk mengarahkan pertumbuhan diri sendiri sangat penting.

Menyederhanakan desain dan implementasi sebagai sumber daya manajemen diperlakukan secara holistik di seluruh sistem dan juga menyiratkan hal itu setiap perbaikan pada mekanisme perhatian akan tercermin baik dalam kinerja yang meningkat. Kinerja pada tugas-tugas serta peningkatan fungsi untuk pertumbuhan diri.

Persyaratan desain # 4: Mekanisme perhatian harus menargetkan kedua eksternal dan informasi internal (informasi yang berasal dari lingkungan serta informasi formasi yang berasal dari dalam sistem).

Karena tugas dan lingkungan sistem kecerdasan umum buatan tidak ditentukan pada waktu desain - dan ini dapat berubah setelah sistem beradaptasi dengan mekanisme tetap untuk perhatian dan manajemen sumber daya tampaknya tidak efisien dan bermasalah. Menggunakan pengalaman operasional, kontrol perhatian dapat ditingkatkan dari waktu ke waktu secara identik dengan bagaimana pengalaman dapat memungkinkan untuk peningkatan kinerja tugas di lingkungan eksternal. Seperti yang lainnya tugas yang dilakukan sistem, kontrol perhatian harus dilihat sebagai keterampilan yang ada terus menerus belajar dari waktu ke waktu dengan cara yang dinamis. Bahkan, kontrol perhatian dan pengelolaan sumber daya adalah bagian dari pembelajaran dan melakukan semua progres tingkat kognitif berhenti. Konkretnya, ini artinya ketika dihadapkan pada

keadaan di lingkungan yang ada identik dengan keadaan yang telah diamati sebelumnya, mekanisme perhatian akan beroperasi (jika mungkin) dengan cara yang lebih "optimal" daripada sebelumnya, dalam arti bahwa sumber daya harus tidak dialokasikan untuk informasi atau proses yang tidak menghasilkan nilai pada kesempatan sebelumnya dan kemungkinan pemrosesan penerimaan informasi yang kemudian ditemukan bersifat bebas.

Relevan tetapi tidak terjawab pada kesempatan sebelumnya meningkat. Pembelajaran yang dihasilkan dalam adaptasi ini proses perlu ditransfer, bukan hanya meningkatkan operasi di situasi yang sama di masa depan namun dapat diterapkan pada situasi yang cukup serupa sehingga bermanfaat.

Persyaratan desain # 5: Mekanisme perhatian harus adaptif dalam merasakan bahwa perilakunya dipengaruhi oleh pengalaman operasional sebelumnya secara rasional.

4.2 Persyaratan Fungsional

Terdapat beberapa persyaratan fungsional untuk mekanisme perhatian. Hal ini dinyatakan pada tingkat abstraksi yang lebih rendah daripada persyaratan desain dan hasil dari meninjau pekerjaan yang ada - dan kesenjangan di dalamnya - pada perhatian di bidang kecerdasan buatan serta literatur dari bidang psikologi kognitif. Kebijakan yang diadopsi untuk semangat dari psikologi kognitif (inspirasi biologis) adalah menggabungkan konsep dan ide-ide yang tampaknya perlu atau menjanjikan perhatian untuk sistem kecerdasan umum buatan. Keterbatasan tidak menarik karena tujuan pekerjaan bukan untuk mereplikasi yang ada mekanisme perhatian biologis terhadap detail. Berkenaan dengan tingkat abstraksi dan kebutuhan, persyaratan desain pertama (arsitektur-kemerdekaan) harus dipertahankan. Bentuk perhatian yang terkonsentrasi dan disengaja, terkait dengan tujuan sistem, disebut sebagai perhatian *top-down*. Fungsi perhatian ini telah ditunjukkan pada manusia sangat berat dipengaruhi oleh tugas saat ini, yang bukan hasil yang mengejutkan. Dengan cara yang sama, sebuah Sistem tingkat kecerdasan umum buatan harus memfokuskan perhatiannya dari atas ke bawah berdasarkan sasaran yang aktif saat ini. Selain tujuan, harapan juga mewakili informasi kontrol yang diperlukan untuk *top-down*, karena manusia telah ditunjukkan untuk menampilkan kewaspadaan yang lebih besar terhadap sensorik dan saluran di mana informasi baru dan relevan diharapkan. Perhatian konsep *top-down* adalah bagian inti dari proses kognitif dan penting untuk mekanisme perhatian. Tanpa

deteksi informasi yang relevan dengan tujuan saat ini, kemungkinan mencapainya - setidaknya dengan cara yang efisien - sangat berkurang.

Untuk merasakan jika lingkungan operasi berperilaku dengan cara yang diharapkan, sistem harus memantau hasil prediksi sendiri. Penting untuk mendeteksi prediksi kegagalan seperti kasus-kasus tersebut menunjukkan pemahaman yang salah tentang lingkungan dan atau situasi sekarang dan mewakili peluang untuk belajar serta memengaruhi langkah pengolahan selanjutnya. Harus membedakan dengan jelas antara dua jenis peristiwa tak terduga dalam operasi lingkungan yang akan dihadapi sistem kecerdasan umum buatan, seperti dua fungsi yang terpisah diperlukan untuk mendeteksi dua jenis peristiwa yang berbeda ini. Ketika suatu peristiwa terjadi yaitu sama sekali tidak terduga, dalam arti bahwa tidak ada prediksi yang ada sebelum terjadinya mengenai apakah itu akan terjadi atau tidak, peristiwa semacam itu akan dikatakan secara implisit tidak diharapkan. Peristiwa semacam itu menunjukkan bahwa sistem tidak memiliki harapan dalam bentuk apa pun dengan hal ini. Ketika terjadinya suatu peristiwa merupakan kegagalan dari prediksi yang sudah ada, dalam arti bahwa prediksi yang ada secara eksplisit menggambarkan acara tersebut bukan terjadi, acara tersebut akan disebut secara eksplisit tak terduga. Contohnya :

Peristiwa meliputi kasus di mana prediksi yang ada "Peristiwa A tidak akan terjadi di jangka waktu TF "aktif dan peristiwa A memang terjadi dalam jangka waktu. Bentuk lain dari Peristiwa seperti itu adalah ketika prediksi yang ada "Nilai X pada waktu T akan menjadi 50" adalah aktif dan nilai aktual X pada waktu T tidak sama dengan 50. Peristiwa yang terjadi dan pernah terjadi. Diharapkan dengan benar oleh prediksi yang ada dikatakan secara eksplisit diharapkan. Deteksi peristiwa yang diharapkan secara eksplisit diperlukan untuk memvalidasi pengetahuan atau proses yang menghasilkan prediksi yang mendasarinya.

Persyaratan fungsional 1: Mekanisme perhatian harus mencakup *top-down* proses perhatian yang mendeteksi informasi dan peristiwa yang relevan dengan tujuan secara eksplisit diharapkan atau tidak terduga secara eksplisit di lingkungan operasi.

Persyaratan fungsional 2: Mekanisme perhatian harus mencakup *bottom-up* proses perhatian yang mendeteksi kejadian tak terduga secara implisit dalam operasi lingkungan hidup.

Persyaratan fungsional 3: Mekanisme perhatian harus terus berjalan proses perhatian *top-down* dan *bottom-up* secara paralel.

Persyaratan fungsional 4: Mekanisme perhatian harus menjamin respons dengan menghindari atom yang menghabiskan waktu, proses yang tidak terputus atau *loop* kontrol.

Persyaratan fungsional 5: Proses *top-down* dan *bottom-up* dari mekanisme perhatian harus

secara kolektif mengukur relevansi item data, mengimplementasikan prioritas informasi secara kooperatif.

Persyaratan fungsional 6: Mekanisme perhatian harus menetapkan pemrosesan sumber daya ke data sesuai dengan relevansinya, sebagaimana ditentukan secara kolektif oleh proses perhatian *top-down* dan *bottom-up*.

Persyaratan fungsional 7: Mekanisme perhatian harus terus menerus dievaluasi relevansi proses yang tersedia.

Persyaratan fungsional 8: Mekanisme perhatian harus menetapkan pemrosesan sumber daya ke proses secara proporsional dengan relevansinya, sebagaimana ditentukan oleh fungsionalitas pemilihan proses mekanisme.

Persyaratan fungsional 9: Mekanisme perhatian harus mengandung mekanisme kontrol inti yang primitif, tetap dan deterministik yang ruang lingkupnya sangat terbatas untuk mengalokasikan sumber daya sesuai dengan prioritas oritisasi yang dihasilkan dari proses perhatian. Dengan tidak adanya prioritas, seperti yang terjadi ketika pemrosesan yang disengaja dinonaktifkan, kontrol inti mekanisme akan terus beroperasi tetapi memproses keputusan akan sewenang-wenang, tidak dapat diprediksi dan tidak diarahkan (dalam hal tujuan sistem).

Persyaratan fungsional 10: Mekanisme perhatian harus menyediakan *host*-arsitektur dengan kontrol untuk: (a) Menyesuaikan konsumsi sumber daya keseluruhan proses perhatian, (b) Menyesuaikan konsumsi sumber daya *top-down* dan *bottom-up* memprioritaskan informasi dan (c) Menyesuaikan konsumsi sumber daya prioritaskan

4.3 Persyaratan Arsitektur

Persyaratan target desain pertama adalah kebebasan arsitektur, tetapi sebagai persyaratan ini tidak realistis tanpa kualifikasi karena sifat perhatian dan fungsionalitas sistemnya yang luas. Untuk mencapai di bawah tingkat abstraksi tertinggi ketika membahas fungsionalitas suatu mekanisme perhatian seperti ini, beberapa asumsi harus dibuat untuk memungkinkan desain dan diskusi yang lebih konkret. Hal ini menghasilkan persyaratan arsitektur: Kriteria yang harus dipenuhi oleh suatu arsitektur untuk menjadi calon tuan rumah untuk perhatian tersebut mekanisme. Persyaratan tepat yang telah diidentifikasi adalah hasil dari menandatangani persyaratan dan persyaratan fungsional. Persyaratan yang harus baik karena mampu menjadi mekanisme host perhatian yang diusulkan.

Hipotesisnya bahwa mereka mewakili juga, sampai batas tertentu, persyaratan universal untuk setiap implementasi perhatian sistem kecerdasan umum buatan. Pertama, masalah operasi real-time akan dibahas.

Sebagaimana dinyatakan dalam persyaratan fungsional 4, mekanisme perhatian diperlukan untuk menjadi reaktif dan menghindari menghabiskan waktu operasi. Fitur operasinya akan tercermin dalam pengoperasian sistem sekitarnya kecuali arsitektur sistem memenuhi persyaratan yang sama. Ketersediaan prioritas dinamis terkini dari informasi yang tersedia dan promosi tidak berguna jika proses eksekusi tertinggal jauh di belakang. Untuk mendukung *interruptible* dan operasi reaktif, kontrol pemrosesan harus halus. Ini berarti besar kumpulan proses kecil yang bertentangan dengan kumpulan proses besar yang lebih kecil (Thórisson & Nivel 2009).

Konsep ukuran proses digunakan di sini untuk mencerminkan sumber daya konsumsi suatu proses alih-alih menunjukkan baris kode atau properti lainnya. Namun, proses kecil tidak dapat diharapkan untuk memproses jumlah informasi itu sangat besar proporsinya. Dalam hal perhatian, tentukan relevansi item informasi yang sangat besar dapat mengakibatkan operasi atom yang memakan waktu, persyaratan fungsional terakhir. Ini menyiratkan bahwa tidak hanya proses sistem, tetapi data barang juga, harus halus. Ada alasan tambahan yang mendukung persyaratan ini terkait dengan metodologi konstruktivis kecerdasan buatan. Agar pertumbuhan mandiri yang diarahkan dimungkinkan, sistem harus terdapat efek perubahan pada struktur dan operasinya. Jika proses individu sistemnya besar dan kompleks, ini menjadi masalah yang sulit dipecahkan. Alasan tentang komponen kecil dan sederhana dan pengaruhnya terhadap keseluruhan sistem (contoh. Dalam ketentuan penggunaan sumber daya) lebih mudah dilacak daripada komponen yang lebih besar dan lebih kompleks.

Proses yang halus membuat introspeksi seperti itu lebih mudah dalam jangkaan. Kompleksitasnya dari setiap proses tidak membatasi kompleksitas tujuan tingkat tinggi yang dapat dicapai oleh sistem berdasarkan arsitektur; keterbatasan tersebut dapat sepenuhnya diatasi oleh kerja banyak proses kecil.

Persyaratan arsitektur 1: Arsitektur hosting harus berdasarkan pada proses yang halus dan unit data. Persyaratan arsitektur 2: Arsitektur hosting harus *ta-driven*, dalam arti bahwa pemrosesan dipicu oleh ketersediaan data. Persyaratan arsitektur 3: Arsitektur hosting harus memiliki pipa sensorik terpadu di mana informasi diberikan perlakuan yang sama terlepas dari asalnya. Persyaratan arsitektur 4: Arsitektur hosting harus digerakkan oleh tujuan dengan tujuan menjadi kasus khusus dari item data. Persyaratan arsitektur 5: Arsitektur hosting harus memiliki kemampuan prediksi. Persyaratan arsitektur 6: Arsitektur hosting harus memiliki tingkat simbolik representasi pengetahuan.

V. KESIMPULAN

Desain yang disajikan di sini berupaya untuk membuat sistem yang mengandung mekanisme perhatian ini. Mempunyai kemampuan operasi secara *real-time*. Sedangkan komponen fungsional yang menangani secara eksplisit dan secara langsung dengan aspek temporal dari operasi sistem belum diusulkan.

Secara khusus, persyaratan arsitektur untuk struktur dasar dan model eksekusi yang didorong oleh data merupakan hal penting untuk mencapai kinerja waktu. Pentingnya struktur dasar adalah, sejak proses dan data dari sistem ini kecil tetapi banyak, tidak ada proses atom yang menghabiskan waktu, sistem tidak akan pernah harus menunggu untuk jangka waktu yang cukup lama sebelum menjadi mampu memproses dan bereaksi terhadap informasi baru. Lebih lanjut, ini menghasilkan homogenitas dalam aspek temporal tugas pemrosesan sistem karena semua unit pemrosesan kemungkinan besar untuk mengambil kira-kira jumlah waktu yang sama atau serupa.

Sebagai hasil dari persyaratan arsitektur ini, sistem secara konstan dalam Kondisi operasi dan aspek temporal dari operasinya sebagian besar dapat diprediksi. Aspek operasi *real-time* berada di luar lingkup penelitian ini, termasuk alasan tentang tenggat waktu tugas dan menyeimbangkan prioritas tujuan sistem, dari yang banyak dianggap aktif secara bersamaan pada waktu tertentu selama operasi.

Diskusi tentang kompleksitas keputusan mengusulkan beberapa ide dengan untuk masalah ini. Seperti yang telah disampaikan, mekanisme perhatian ditujukan untuk memungkinkan sistem yang terbatas sumber daya untuk beroperasi di lingkungan yang menghasilkan jauh lebih banyak informasi daripada yang bisa mereka harapkan untuk diproses secara *real-time*.

Memang benar bahwa untuk perhatian bottom-up yang berfungsi penuh, semua informasi dapat diamati dari lingkungan operasi pada setiap titik waktu harus diproses, ada ada perbedaan kualitatif dalam jenis pemrosesan yang dirujuk dalam konteks ini dan berhenti pada tingkat kognitif sistem. Pemrosesan tingkat kognitif terjadi ketika item data menerima arti-penting yang cukup untuk dipicu oleh proses untuk dieksekusi. Hasil dari eksekusi tersebut selalu menghasilkan generasi item data baru atau perintah aktuator, berpotensi menjadi awal rantai eksekusi. Dengan demikian, biaya yang diturunkan, dalam hal alokasi sumber daya, dari pemrosesan unit data dari lingkungan operasi pada tingkat kognitif.

Untuk merancang kemampuan perhatian untuk sistem cerdas, desain mekanisme perhatian yang disampaikan mengambil pendekatan umum dan holistik di mana fenomena tersebut dipandang sebagai prioritas seluruh sistem informasi dan proses dalam arsitektur sistem kognitif yang bertujuan untuk otonomi tingkat tinggi.

Fungsi yang aktif secara simultan termasuk dalam desain untuk *top-down* dan perhatian dari bawah ke atas, memungkinkan sistem yang menerapkan mekanisme ini untuk fokus tugas aktif sambil tetap waspada terhadap lingkungan operasi. Konteks sensitif sebelum proses juga ditampilkan dalam desain sebagai fungsi yang belajar dari operasi, pengalaman nasional dan meningkat seiring waktu. Sebagai mekanisme perhatian dirancang untuk beroperasi pada pipa sensorik terpadu, dapat diterapkan secara merata ke modalitas sensorik apa pun serta data sistem internal. Ini adalah fitur penting untuk sistem yang dirancang di bawah metodologi kecerdasan buatan konstruktif.

REFERENSI

- [1] Ben-Ari, Mordechai. (2006). Principles of concurrent and distributed programming. Addison-Wesley Longman.
- [2] Boddy, M., Dean, T. (1989). Solving time-dependant planning problems. In Sridharan, N. S. (Ed.), Proceedings of the Eleventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, 979-984, Detroit, MI, USA. Morgan Kaufmann.
- [3] Duch, W., R.J. Oentaryo, M. Pasquier (2008). Cognitive architectures: Where do we go from here. Proceedings of the first AGI conference, p. 122-136.
- [4] Gantz, J., Reinsel, D. (2011). Extracting Value from Chaos. IDC IVIEW technical report available at <http://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-extractingvalue-from-chaos-ar.pdf>
- [5] Glass, A. L., Holyoak, K. J. (1986). Cognition, 2nd edition. Random House.
- [6] Horvitz, E. J. (1988). Reasoning Under Varying Time and Uncertain Resource Constraints, Proceedings of AAAI-88, St. Paul, Minnesota, AAAI, 1988, 111-116
- [7] Horvitz, E. J., Suermondt, H. (1989). Bounded Conditioning: Flexible Inference for Decisions under Scarce Resources. Proceedings of the Fifth Workshop on Uncertainty in Artificial Intelligence, 182-193, Mountain View, CA.
- [8] Kuipers, B. (2005). Consciousness: drinking from the firehose of experience. In Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence (Vol. 20, No. 3, p. 1298). Menlo Park, CA; Cambridge, MA; London; AAAI Press; MIT Press; 1999.

-
- [9] Lenat, D. B., Guha, R. V., Pittman, K., Pratt, D., Sheperd, M. (1990). Cyc: Toward Programs with Common Sense. *Communications of the ACM*, 33(8), 30-49.
- [10] McCarthy, J. (1988). Mathematical logic in artificial intelligence. *Daedalus*, 117(1), pages 297-311.
- [11] Minsky, M. (1985). *The Society of Mind*. Simon and Schuster: New York.
- [12] Newell, A., Simon, H. (1976). Computer science as empirical inquiry: symbols and search. *Communications of the ACM*, 19(3), pages 113-126.
- [13] Russell, S., Wefald, E. (1989). Principles of metareasoning. *Proceedings of the First International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, Toronto, 1989.
- [14] Russell, S., & Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligent: a Modern Approach*. Prentice Hall.
- [15] Taleb, N.N. (2007). *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbably*. New York: Random House.
- [16] Thórisson, K. R. (2009). From Constructivist to Constructivist A.I. Keynote, AAAI Fall Symposium Series: Biologically Inspired Cognitive Architectures, Washington D.C., Nov. 5-7, 175-183. AAAI Tech Report FS-09-01, AAAI press, Menlo Park, CA.
- [17] Thórisson, K. R. (2012a). A New Constructivist AI: From Manual Construction to Self-Constructive Systems. In P. Wang and B. Goertzel (eds.), *Theoretical Foundations of Artificial General Intelligence*. Atlantis Thinking Machines, 4:145-171.
- [18] Thórisson, K. R. (2012b). Final Project Evaluation Report for HUMANOBS. Technical report available at: http://wiki.humanobs.org/_media/public:d23_progress_report_v1.1.pdf
- [19] Thórisson, K. R., Helgason, H. P. (2012). Cognitive Architectures and Autonomy: A Comparative Review. *Journal of Artificial General Intelligence*, vol. 3, p. 1-30.
- [20] Turing, A. M. (1948). Computing machinery and intelligence. *Mind* 59, 433-460. Reprinted in: 1992, *Mechanical Intelligence: Collected Works of A. M. Turing*, pages 133-160.
- [21] Viola, P., Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- [22] Wang, P. (1995). *Non-Axiomatic Reasoning System: Exploring the Essence of Intelligence*. Ph.D. dissertation, Indiana University, Indiana.
- [23] Wang, P. (1996). Problem-solving under insufficient resources. In *Working Notes of the Symposium on Flexible Computation*, 148-155. Cambridge, Mass.: AAAI Press.
- [24] Wang, P. (2006). *Rigid Flexibility: The Logic of Intelligence*. New York: Springer.