ریاست جمهوری
مرکز همکاری های تحول و پیشرفت
واحد رصد

فناوری های مهم آینده– 9

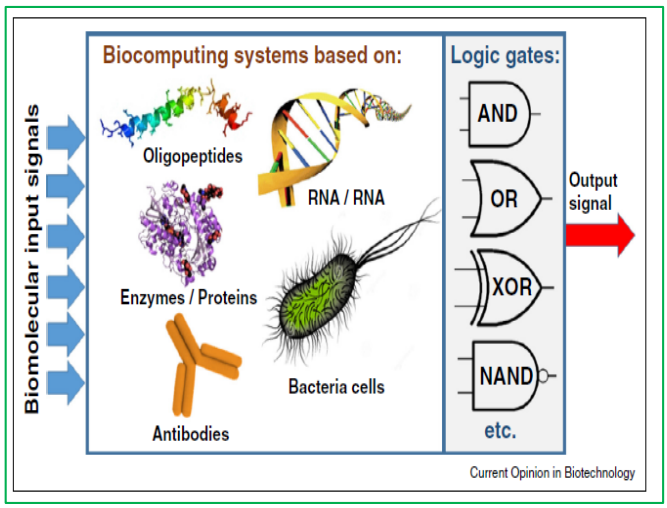
رایانه زیستی

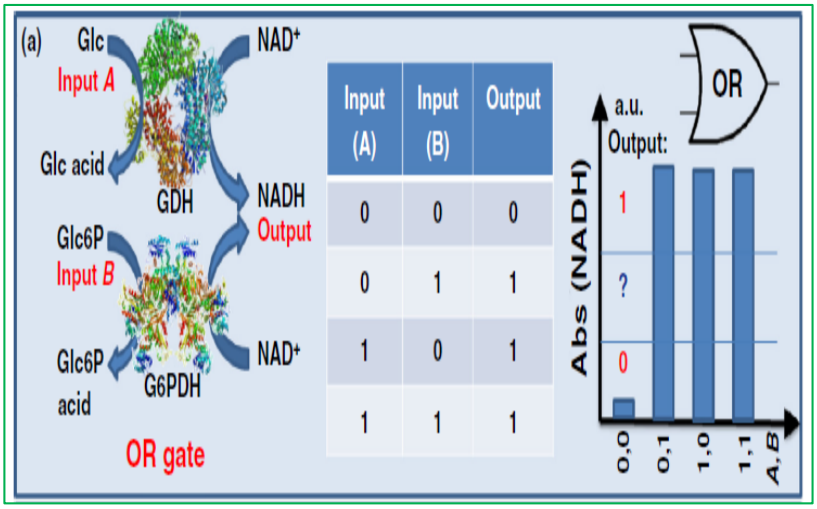
Biocomputer

24 بهمن 1396

معرفی فناوری:

رایانه‌های زیستی کامپیوترهایی هستند که از مولکول‌های زیستی مانند DNA یا پروتئین برای انجام محاسبات و رایانش استفاده می‌کنند که شامل ذخیره سازی، بازیابی و پردازش داده‌ها می‌باشد. چگالی بالای اطلاعات در مولکول‌های DNA و موازی بودن فعالیتها در آنها باعث شده محاسبات از طریق DNA ابزار قدرتمندی گردد. این رایانه ها با استفاده از فناوری نانو در زمینه مهندسی سامانه های زیستی که قابلیت‌های محاسباتی را فراهم کرده، از توانایی‌های موجودات زنده استفاده می‌کنند. در حقیقت رایانه زیستی، نانورایانه‌ای است که از مولکول‌های زیستی برای ذخیره اطلاعات و محاسبات پیچیده استفاده می‌کند. این رایانه ها بر اساس عملکرد گونه های مختلف زیستی(مانند سلول‌های باکتریایی)، DNA/RNA، الیگوپپتیدها، آنزیمها/پروتئین ها، آنتی بادیها) می توانند سیگنال‌های متعدد شیمیایی ورودی را پردازش کرده، یک سیگنال خروجی بسته به منطق دیجیتال این سامانه ها ایجاد کنند(شکل سمت چپ پایین). نکته اصلی رایانه زیستی تعداد بسیار زیاد محاسبات موازی با استفاده از مولکول‌های حیاتی است که با ایجاد مقدمات لازم و تعداد مناسب این مولکول‌ها(مثلا رشته‌های DNA) می‌توان با یکبار انجام آزمایش، مسائل بسیار بزرگ را با استفاده از جستجوهای موازی حل کرد.





عملکرد فناوری:

در شکل سمت را ست نمونه ای از یک واکنش آنزیمی زی ستی برای ایجاد یک دروازه منطقی یا گیت OR (که در رایانه های سیلیکونی رایج به کار می‌رود) نشان داده شده است. در این گیت زیستی دو واکنش کاتالیتیک، NADH تولید می کنند. در اولین واکنش توسط آنزیم گلوکزدهیدروزناژ(GDH)، اکسیداسیون گلوکز(GLC) در ورودی A و احیا +NAD به NADH در خروجی انجام می شود. در دومین واکنش توسط آنزیم گلوکز-6-فسفات دهیدروزناژ(G6PDH)، اکسیدا سیون گلوکز-6-فسفات(Glc6P) در ورودی B و احیا +NAD به NADH در خروجی انجام می شود.ایجاد NADH توسط ابزارهای نوری یا الکتروشیمیایی قابل رد گیری است. بنابراین نتیجه کلی فرآیند تولید NADH درخروجی توسط فعالیت یکی از واکنشها یا هر دو واکنش و عدم تولید آن در غیاب هر دو واکنش می باشد. که این موضوع شبیه عملکرد گیت منطقی OR است؛

سایر گیتهای منطقی مانند AND، NAND، XOR و غیره نیز توسط واکنش های آنزیمی زیستی مختلف قابل شبیه سازی هستند.

چالش های فناوری:

- تحقیقات در زمینه‌ی رایانه زیستی و محاسبات از طریق DNA هنوز در مراحل اولیه قرار دارد؛
- تحلیل خروجی‌های رایانه‌های زیستی نسبت به رایانه‌های سیلیکونی مشکل‌تر است؛
- رایانه زیستی علاوه بر انجام عملیات به صورت موازی می‌تواند مسائل مشکل و غیر قابل حل برای رایانه‌های سیلیکونی را حل کند ولی سرعت پردازش آنها بسیار پایین است؛
- هر چند استفاده از رایانه زیستی برای حل مسائل ساده مناسب نیست با این حال با تحقیقات بسیار ثابت شده است که هر اصلی را که بتوان روی رایانه‌های معمول پیاده کرد آن را می‌توان به صورت یکی از اصول رایانه‌های زیستی هم در نظر گرفت.

ریاست جمهوری
مرکز همکاری های تحول و پیشرفت
واحد رصد

فناوری های مهم آینده– 9

رایانه زیستی

Biocomputer

24 بهمن 1396

فناوری مکمل:

یکی از فناوری های مکمل رایانه زیستی، ریزتراشه‌های زیستی (Biochip) است. ریزتراشه زیستی نوعی تراشه است که قرار است به جای تراشه‌های سیلیسیومی به کار رود. در مدارهای اصلی این تراشه‌ها که هنوز مراحل آزمایشگاهی خود را می‌گذرانند، از مولکول‌های زنده استفاده می‌شود و درنتیجه انرژی مصرفی آنها نزدیک به صفر خواهد بود. ریز تراشه زیستی در اولین نگاه یک دستگاه نیمه‌رسانا است که برپایه به عنوان مثال ساختار DNA تولید می‌شود. در بدن انسان DNA زنجیره مولکول‌های به یکدیگر متصلند که عامل انتقال وراثت و نشانه‌گذاری محسوب می‌شوند. DNA خیلی شبیه به یک دیسک سخت رایانه است که اطلاعات ثابت را ذخیره می‌کند. DNA با تراشه کامپیوتر ترکیب شده، سرعت محاسبه را زیاد می‌کند. با مقدار کمی DNA، رایانه می‌تواند ۱۰ تریلـیون بایت اطلاعات نگه دارد و در هر زمان ۱۰ تریلیون محاسبه انجام دهد.

کاربردها:

- ارائه الگوهای پیشرفته زیستی برای تجزیه و تحلیل باکتری ها و ویروس ها؛
- اجرای محاسباتی که به شدت باید موازی باشند. این کار می‌تواند توسط میلیاردها مولکول که به طور همزمان بر هم کنش دارند، انجام شود؛
- حل مسائلی که نمی‌توانند به طور قطعی توسط چندجمله‌ای ها حل شوند؛
- DNA می تواند به عنوان مکانیسمی برای ذخیره سازی اطلاعات به صورت طولانی مدت استفاده شود؛
- انجام فرآیندهای زنده براساس تعاملات پیچیده مولکولهای زیستی شامل مولکول‌های زیستی که توسط DNA کد می شوند.

رایانه زیستی	رایانه سیلیکونی	
زیستی مانند DNA	غیر آلی مانند سیلیکون	ماده تشکیل دهنده
به شدت موازی	متوالی و تا حدی موازی	الگوی پردازش
بله	خیر	کارآمدی انرژی
خیر	بله	مشکل اثر کوانتوم
خیر	بله	اجزا سمی

روند تکامل:

- کمتر از یک دهه قبل، در موسسه فناوری کالیفرنیا یک دروازه منطقی (گیت) داخل سلول‌های مخمر زنده با استفاده از مولکول‌های RNA اختراع شد؛
- مرکز تحقیقاتی نانوالکترونیک IMEC در لووان، بلژیک، تحقیقاتی را بر روی زیست تراشه ها هدایت می‌کند؛
- پیش بینی می شود بازار جهانی زیست تراشه ها تا سال 2024 به 22 میلیارد دلار برسد؛
- چند سال قبل، دانشگاه استنفورد قطعه نهایی مورد نیاز برای ساختن رایانه های زیستی را با توسعه نخستین ترانزیستور زیستی، به نام ترانسکریپتور "Transcriptor"، با استفاده از DNA وRNA، انجام داد؛
- در فوریه 2016، محاسبات موازی در فیبرهای پروتئینی با عوامل بیولوژیکی به دست انجام شد.