

آموزش ابزار مونت کارلوی Geant4

تألیف:

دکتر فائزه رحمانی

مهندس محمد تقی بطیار

سرشناسه	:	رحمانی، فائزه، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور	:	آموزش ابزار مونت کارلوی Geant4 / تالیف فائزه رحمانی، محمدتقی بطیار.
مشخصات نشر	:	تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	:	۳۳۷ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	:	978-600-7867-24-2
فروست	:	انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ ۴۱۰.
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
موضوع	:	فیزیک هسته‌ای -- شبیه‌سازی کامپیوتری
موضوع	:	اشعه کیهانی -- شبیه‌سازی کامپیوتری
شناسه افزوده	:	طیار، محمدتقی، ۱۳۶۵ -
شناسه افزوده	:	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. انتشارات
رده بندی کنگره	:	QC۷۷۶/۳۱۸ ۱۳۶۵
رده بندی دیویی	:	۵۳۷/۷
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۱۵ ۳۳۱

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  <http://publication.kntu.ac.ir>

نام کتاب: آموزش ابزار مونت کارلوی Geant4

تألیف: دکتر فائزه رحمانی عضو هیأت علمی دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، محمدتقی بطیار

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: اسفند ۱۳۹۴

تیراژ: ۵۰۰ جلد

قیمت همراه CD: ۲۳۰۰۰ تومان

کد کتاب: ۴۱۰

ISBN: 978- 600-7867-24-2

شابک: ۹۷۸- ۶۰۰-۷۸۶۷-۲۴-۲

چاپ و لیتوگرافی: پدیدرنگ

صحافی: گرنامی

آدرس و تلفن مرکز پخش و فروش: خیابان ولیعصر(عج)، بالاتر از میدان ونک، تقاطع میرداماد، روبروی ساختمان اسکان (۰۲۱-۸۸۷۷۲۲۷۷)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

بسمه تعالی

کدهای شبیه‌سازی از مهم‌ترین و کارآمدترین ابزارهای محاسباتی و شبیه‌سازی، به‌خصوص در حوزه فیزیک محسوب می‌شوند، زیرا علاوه بر صرفه‌جویی در زمان، امکان آزمایش و تجربه را در ابعاد واقعی و وسیع بدون صرف هزینه، ممکن می‌سازند.

کدهای محاسباتی متنوعی مبتنی بر روش‌های یقینی و آماری در زمینه فیزیک موجود است. کد Geant4 که در این کتاب به آن پرداخته شده است، یکی از کدهای مونت کارلوی چندمنظوره می‌باشد که در مقایسه با کارایی آن، هنوز به‌صورت گسترده در میان دانشجویان و پژوهشگران ایرانی توسعه نیافته است. لذا بر آن شدیم تا آنچه را برای ورود به حوزه‌ی استفاده از این کد برای شبیه‌سازی مسائل نیاز است، تا حدودی به صورت مدون همراه با مثال‌هایی در متن از ابتدا تا انتها دنبال کنیم.

سی‌دی ارائه شده به همراه کتاب حاوی فایل ایزولینوکس اوبونتو ۱۴.۰۴ و VMware است. از آنجا که ممکن است خواننده در دین کدنویسی مراحل نصب و اجرای برنامه بر اساس محتوای کتاب دچار مشکل شود، مراحل نصب Geant4 بر روی لینوکس به صورت گام به گام در فایل متنی در سی‌دی کتاب موجود است. علاوه بر آن کلیه نرم‌افزارهای مورد نیاز برای کار با Geant4 نیز در سی‌دی ارائه شده است و وبگاه Geant4.kntu.ac.ir به منظور رفع اشکال کاربران راه‌اندازی شده است.

از آنجا که این کتاب نیز مانند هر مصنوع بشری دارای ایراد نمی‌باشد، لذا صمیمانه پذیرای انتقادات خوانندگان هستیم و نیز تقاضا داریم، هر نوع ایراد احتمالی در متن یا ساختار گوشزد شود. در پایان امیدواریم این کتاب گامی رو به جلو در راستای پیشرفت علمی کشور عزیزمان ایران باشد.

مؤلفین کتاب

زمستان ۱۳۹۴

فهرست مطالب

۱.....	مقدمه
۶.....	مراجع
۷.....	فصل اول: نصب و راه اندازی GEANT4.10.1 و روش های اجرای برنامه
۷.....	۱-۱ سیستم عامل های پشتیبانی شده و آزمایش شده
۸.....	۲-۱ نرم افزارهای مورد نیاز برای نصب GEANT4
۸.....	۱-۲-۱ فایل اصلی Geant4
۸.....	۲-۲-۱ دریافت داده های مورد نیاز Geant4
۱۰.....	۳-۲-۱ CMake 3.0.2 یا توزیعهای بالاتر
۱۰.....	۴-۲-۱ کامپایلر C++
۱۰.....	۵-۲-۱ نصب و راه اندازی Synaptic Package Manager در سیستم عامل لینوکس
۱۱.....	۳-۱ نصب GEANT4 بر روی سیستم عامل لینوکس
۱۵.....	۱-۳-۱ کتابخانه های C++ برای فیزیک با انرژی بالا
۲۱.....	۲-۳-۱ نصب Geant4
۲۴.....	۳-۳-۱ فعال سازی اجزاء مختلف Geant4 هنگام نصب
۳۲.....	۴-۱ اجرای مثال B1 با استفاده از MAKE
۴۰.....	۵-۱ اجرای مثال B1 با استفاده از CMAKE
۴۳.....	۶-۱ نصب GEANT4.10.1 بر روی WINDOWS 7
۵۳.....	۷-۱ نصب لینوکس بر روی VMWARE و نصب GEANT4 بر روی آن
۶۲.....	مراجع
۶۳.....	فصل دوم: ساختار کلی هسته ی GEANT4
۶۳.....	۱-۲ مقدمه
۶۳.....	۲-۲ گروه هندسه
۶۴.....	۱-۲-۲ کلاس های عضو گروه هندسه
۶۶.....	۳-۲ گروه مواد
۶۷.....	۴-۲ فرایندهای فیزیکی
۶۷.....	۱-۴-۲ فلسفه ی طراحی
۶۸.....	۵-۲ گروه ذرات
۶۸.....	۶-۲ برخورد و رقمی سازی
۶۸.....	۱-۶-۲ فلسفه ی طراحی

۶۸	۲-۶-۲ کلاس های تعریف شده در کلاس برخورد و رقمی سازی
۶۹	۲-۷-۲ گروه GLOBAL
۶۹	۲-۷-۲ فلسفه ی طراحی
۷۰	۲-۷-۲ انواع مولدهای تولید اعداد تصادفی
۷۱	۲-۸-۲ گروه RUN
۷۱	۲-۸-۱ کلاس های تعریف شده در گروه Run
۷۲	۲-۹-۲ گروه EVENT
۷۲	۲-۹-۱ فلسفه ی طراحی گروه Event
۷۲	۲-۹-۲ سیستم های عضو گروه Event
۷۳	۲-۱۰-۲ گروه TRACKING
۷۳	۲-۱۰-۱ فلسفه ی طراحی
۷۴	۲-۱۰-۲ کلاس های عضو گروه Tracking
۷۵	۲-۱۰-۳ مکانیزم Tracking
۷۶	۲-۱۱-۲ کلاس های اجباری GEANT4
۷۷	۲-۱۲-۲ کلاس های اختیاری GEANT4
۷۷	۲-۱۲-۱ کلاس اختیاری G4UserRunAction
۷۸	۲-۱۲-۲ کلاس اختیاری G4UserEventAction
۷۸	۲-۱۲-۳ کلاس اختیاری G4UserStackingAction
۷۹	۲-۱۳-۲ ابزار GEANT4 به عنوان یک ماشین حالت
۸۰	۲-۱۴-۲ بخش های مختلف یک برنامه ی GEANT4
۸۱	۲-۱۴-۱ تابع main در GEANT4
۸۳	۲-۱۵-۲ انواع روش های اجرای برنامه در GEANT4
۸۳	۲-۱۵-۱ اجرا به روش دسته ای
۸۴	۲-۱۵-۲ روش دسته ای با خواندن یک ماکرو
۸۶	۲-۱۵-۳ اجرا به روش تعاملی
۸۸	مراجع
۸۹	فصل سوم: تعریف مواد در ابزار GEANT4
۸۹	۳-۱-۱ ملاحظات عمومی
۸۹	۳-۲-۲ تعریف ایزوتوپ
۹۰	۳-۳-۲ تعریف عناصر ساده
۹۰	۳-۴-۲ تعریف یک ماده ی ساده
۹۱	۳-۵-۲ تعریف یک مولکول

۹۲	۳-۶ تعریف یک مخلوط بر حسب درصد جرمی
۹۲	۳-۷ تعریف گاز و خلاء
۹۳	۳-۸ تعریف مواد با استفاده از پایگاه داده‌های داخلی GEANT4
۹۴	۳-۹ جاب فهرست مواد در خروجی
۹۴	۳-۱۰ نحوه ی ساخت ماده در برنامه
۹۷	فصل چهارم: آموزش تعریف هندسه در GEANT4
۹۷	۴-۱ مقدمه
۹۸	۴-۲ ساخت یک حجم ساده
۹۸	۴-۳ انتخاب یک شکل ساده
۹۹	۴-۴ تعریف حجم منطقی
۹۹	۴-۵ موقعیت دادن به حجم ها
۹۹	۴-۶ تعریف حجم فیزیکی
۱۰۰	۴-۶-۱ تعریف دوران
۱۰۱	۴-۶-۲ تعریف انتقال
۱۰۲	۴-۷ برنامه ی ساخت یک مکعب داخل حجم جهانی
۱۰۴	۴-۸ انواع شکل ها در ابزار GEANT4
۱۱۷	۴-۹ ساخت جامدات با استفاده از اعمال بول
۱۱۷	۴-۹-۱ عمل بولی اجتماع
۱۱۹	۴-۹-۲ عمل بولی اشتراک
۱۲۰	۴-۹-۳ عمل بولی تفریق
۱۲۱	۴-۱۰ ساختارهای تکراری
۱۲۱	۴-۱۰-۱ کلاس G4PVRreplica
۱۲۵	۴-۱۰-۲ تقسیم کردن حجمها
۱۳۰	۴-۱۱ اجرای یک برنامه ی عملی
۱۳۶	۴-۱۲ نحوه ی مشخص کردن کلاس ساخت هندسه در تابع main()
۱۳۸	مراجع
۱۳۹	فصل پنجم: آموزش تعریف فیزیک و ردیابی در GEANT4
۱۳۹	۵-۱ مقدمه
۱۳۹	۵-۲ مفاهیم اصلی
۱۳۹	۵-۲-۱ ردیابی
۱۴۰	۵-۲-۲ تعریف فرایند

۱۴۲	 ۳-۲-۵ تعریف رد
۱۴۳	 ۴-۲-۵ تعریف گام
۱۴۴	 ۵-۲-۵ مفهوم verbose یا میزان درازنویسی خروجی
۱۴۸	 Trajectory/Trajectory Point ۶-۲-۵
۱۴۸	 ۷-۲-۵ کلاس‌های عملیاتی کاربر
۱۴۸	 ۳-۵ فرایندهای فیزیکی
۱۴۹	 ۱-۳-۵ برهمکنش‌های الکترومغناطیسی
۱۴۹	 ۱-۱-۳-۵ فرایندها و مدل‌های گروه "استاندارد"
۱۵۶	 ۲-۱-۳-۵ فرایندها و مدل‌های الکترومغناطیسی گروه انرژی پایین
۱۶۳	 ۳-۱-۳-۵ فرایندها و مدل‌های گروه Very Low energy (Geant4-DNA)
۱۶۷	 ۲-۳-۵ فرایندهای فوتون، نوری
۱۶۹	 ۳-۳-۵ فرایندها، مدل‌های هادرونی
۱۷۰	 ۱-۳-۳-۵ فرایندهای پیمانه‌های هادرونی
۱۷۲	 ۲-۳-۳-۵ فرایندهای هادرونی ناکشسان
۱۷۵	 ۳-۳-۳-۵ مدل‌های هادرونی بر اساس اطلاعات تجربی
۱۷۵	 ۴-۳-۳-۵ مدل‌های هادرونی بر اساس تئوری
۱۷۵	 ۵-۳-۳-۵ مدل‌های توصیف‌کننده‌ی برخورد پتون-هسته
۱۷۷	 ۶-۳-۳-۵ مدل‌های توصیف‌کننده‌ی پراکندگی کشسان هادرونی
۱۷۹	 ۷-۳-۳-۵ مدل‌های توصیف‌کننده‌ی برهمکنش‌ها هادرونی در انرژی بالا
۱۸۱	 ۸-۳-۳-۵ پراکندگی ناکشسان هادرونی
۱۸۲	 ۹-۳-۳-۵ مدل‌های آبخاری
۱۸۳	 ۱۰-۳-۳-۵ مدل‌های برخورد هسته-هسته
۱۸۶	 ۱۱-۳-۳-۵ مدل برخورد گاما با هسته
۱۸۷	 ۱۲-۳-۳-۵ مدل‌های مورد استفاده برای تعریف فیزیک نوترون‌های با انرژی پایین
۱۸۸	 ۴-۳-۵ فرایند واپاشی
۱۸۹	 ۵-۳-۵ فرایند ترابرد
۱۸۹	 ۴-۵ مقادیر قطع
۱۹۳	 ۵-۵ روش‌های ساخت فیزیک در ابزار شیء گرای GEANT4
۱۹۳	 ۱-۵-۵ ساخت فیزیک با استفاده از مراجع فیزیکی
۱۹۶	 ۱-۱-۵-۵ انتخاب مراجع فیزیکی بر اساس کاربرد
۱۹۷	 ۲-۱-۵-۵ نحوه‌ی تعریف مراجع فیزیکی در ابزار شیء گرای Geant4
۱۹۹	 ۲-۵-۵ ساخت فیزیک با استفاده از "فرایندها" در کلاس G4VUserPhysicsList
۲۰۸	 ۶-۵ ساخت فیزیک با استفاده از کلاس G4VMODULARPHYSICSLIST

۲۲۱	 مراجع
۲۲۳	 فصل ششم: آموزش ساخت چشمه در ابزار GEANT4
۲۲۳	 ۱-۶ کلاس پایه‌ی G4VUserPrimaryGeneratorAction
۲۲۴	 ۲-۶ انواع چشمه‌ها در ابزار GEANT4
۲۲۴	 ۱-۲-۶ چشمه‌ی نوع G4ParticleGun
۲۲۴	 ۱-۱-۲-۶ توابع عمومی G4ParticleGun
۲۲۵	 ۲-۱-۲-۶ نحوه‌ی ساخت چشمه با استفاده از کلاس G4ParticleGun
۲۲۸	 ۳-۱-۲-۶ ساخت چشمه با استفاده از G4ParticleGun
۲۳۰	 ۲-۲-۶ چشمه‌ی نوع G4GeneralParticleSource یا (GPS)
۲۳۰	 ۲-۲-۲-۶ فرمان‌های GPS
۲۴۱	 ۲-۲-۲-۶ مثال‌های GPS
۲۴۹	 ۳-۲-۲-۶ نحوه‌ی ساخت چشمه با استفاده از GPS
۲۵۲	 ۳-۶ نحوه‌ی مشخص کردن کدیس ساخت چشمه در تابع MAIN()
۲۵۵	 فصل هفتم: آشنایی با روش‌های ررن کشی داده در GEANT4
۲۵۵	 ۱-۷ گرفتن خروجی با استفاده از خروجی فرایند و تعریف مش
۲۵۷	 ۱-۱-۷ تعریف مش مکعبی و نمایش خروجی بصورت متنی
۲۵۸	 ۲-۱-۷ تعریف مش مکعبی برای مصورسازی خروجی
۲۵۹	 ۳-۱-۷ تعریف مش استوانه‌ای
۲۶۱	 ۴-۱-۷ تعریف چند مش مکعبی در یک ماکرو
۲۶۳	 ۲-۷ گرفتن خروجی با استفاده از برنامه نویسی شیء گرا
۲۶۳	 ۱-۲-۷ برخورد
۲۶۴	 ۲-۲-۷ آشکارساز حساس
۲۶۶	 ۳-۲-۷ کلاس مدیریتی G4SDManager
۲۶۶	 ۴-۲-۷ کلاس‌های G4MultiFunctionalDetector و G4VPrimitiveScorer
۲۶۸	 ۵-۲-۷ کلاس‌های G4VPrimitiveScorer
۲۷۲	 ۶-۲-۷ کلاس G4VSDFilter و کلاس‌های مشتق شده از آن
۲۹۳	 فصل هشتم: آموزش مصورسازی در ابزار GEANT4
۲۹۳	 ۱-۸ مصورسازی بخش‌های مختلف
۲۹۴	 ۲-۸ ویژگی‌های انواع سیستم‌های گرافیکی
۲۹۴	 ۱-۲-۸ سیستم گرافیکی OpenGL
۲۹۵	 ۲-۲-۸ سیستم گرافیکی Qt

۲۹۶	 OpenInventor سیستم گرافیکی	۳-۲-۸
۲۹۷	 HepRep سیستم گرافیکی	۴-۲-۸
۲۹۸	 DAWN سیستم گرافیکی	۵-۲-۸
۲۹۸	 VRML سیستم گرافیکی	۶-۲-۸
۲۹۹	 RayTracer سیستم گرافیکی	۷-۲-۸
۳۰۰	 gMocren سیستم گرافیکی	۸-۲-۸
۳۰۱	 ASCII Tree سیستم	۹-۲-۸
۳۰۱	 مصور سازی با استفاده از خطوط فرمان	۳-۸
۳۰۳	 تعریف چند مفهوم	۱-۳-۸
۳۰۴	 مصور سازی یک حجم فیزیکی	۲-۳-۸
۳۰۴	 مصور سازی حجم منتهی	۳-۳-۸
۳۰۴	 مصور سازی هندسه	۴-۳-۸
۳۰۸	 مصور سازی مسطحه	۵-۳-۸
۳۱۰	 مصور سازی برخورد	۶-۳-۸
۳۱۰	 فرمان های مورد نیاز در انتهای رید و انتهای اجرا	۷-۳-۸
۳۱۱	 Trajectory فیلتر	۸-۳-۸
۳۱۱	 افزودن متن، تاریخ، علامت، علامت دو، ...	۹-۳-۸
۳۱۲	 افزودن قاب	۱۰-۳-۸
۳۱۳	 افزودن میدان مغناطیسی به منظر	۱۱-۳-۸
۳۱۴	 مصور سازی با استفاده از برنامه نویسی C++	۴-۸
۳۱۶	 مراجع	

فهرست شکل‌ها

عنوان

صفحه

شکل ۱: ساختار سلسله مراتبی ابزار شیء‌گرای Geant4	۴
شکل ۱-۱: سایت اصلی Geant4	۹
شکل ۲-۱: یافت فایل اصلی Geant4	۹
شکل ۳-۱: دریافت داده‌های مورد نیاز Geant4	۱۰
شکل ۴-۱: دریافت و نصب نرم افزار synaptic	۱۱
شکل ۵-۱: محیط نرم افزار Synaptic	۱۱
شکل ۶-۱: ایجاد تره‌ناله در سیستم عامل لینوکس با استفاده از Alt+Ctrl+T	۱۲
شکل ۷-۱: تایپ فرمان در ترمینال برای دسترسی به پایگاه داده لینوکس	۱۲
شکل ۸-۱: دریافت و نصب cmake	۱۳
شکل ۹-۱: نصب موفقیت آمیز cmake-gui	۱۴
شکل ۱۰-۱: محیط cmake-gui	۱۵
شکل ۱۱-۱: آدرس اینترنتی CLHEP	۱۶
شکل ۱۲-۱: دریافت فایل اصلی CLHEP	۱۶
شکل ۱۳-۱: ساخت فایل به نام G4 به منظور نصب CLHEP و Geant4	۱۷
شکل ۱۴-۱: ساخت دو پوشه به منظور نصب CLHEP	۱۷
شکل ۱۵-۱: قرار گرفتن فایل اصلی CLHEP در پوشه ی CLHEP_source	۱۸
شکل ۱۶-۱: قرار گرفتن در دایرکتوری CLHEP_Build	۱۹
شکل ۱۷-۱: ساخت CLHEP در دایرکتوری CLHEP_Build	۱۹
شکل ۱۸-۱: کامپایل CLHEP با استفاده از روش make	۱۹
شکل ۱۹-۱: پایان موفقیت آمیز نصب CLHEP	۲۰
شکل ۲۰-۱: فرمان make install به منظور نصب CLHEP ساخته شده	۲۰
شکل ۲۱-۱: بررسی صحت نصب CLHEP با استفاده از فرمان make test	۲۱
شکل ۲۲-۱: خارج کردن فایل اصلی Geant4 از حالت فشرده در پوشه ی Geant4.10_source	۲۱
شکل ۲۳-۱: ساخت پوشه‌ای به نام share	۲۲
شکل ۲۴-۱: ساخت پوشه‌ای به نام data برای قراردادن داده‌های مورد استفاده ی Geant4	۲۲
شکل ۲۵-۱: قرار دادن ۱۰ داده ای که Geant4 از آنها بهره می‌برد در پوشه ی data	۲۲
شکل ۲۶-۱: کلیک روی Geant4InstallData.cmake برای نمایش دایرکتوری داده‌ها	۲۳

شکل ۱-۲۷: آدرس پیش فرض به منظور دانلود داده در شکل مشخص شده است.....	۲۳
شکل ۱-۲۸: آدرس مورد استفاده به منظور مشخص کردن مکان داده ها.....	۲۴
شکل ۱-۲۹: قرار گرفتن در دایرکتوری Build به منظور ساخت Geant4.....	۲۴
شکل ۱-۳۰: تایپ دستورات فوق به منظور ساخت Geant.....	۲۷
شکل ۱-۳۱: ساخت موفقیت آمیز پروژه ی Geant4.....	۲۸
شکل ۱-۳۲: ساخت Geant4 با فرمان make -j7.....	۲۸
شکل ۱-۳۳: آغاز مراحل ساخت Geant4.....	۲۸
شکل ۱-۳۴: ساخت موفقیت آمیز Geant4 در دایرکتوری Build.....	۲۹
شکل ۱-۳۵: نصب موفقیت آمیز پروژه ی Geant4.....	۳۰
شکل ۱-۳۶: مشاهده ی geant4make.sh در دایرکتوری نشان داده شده.....	۳۰
شکل ۱-۳۷: فایل .bashrc در دایرکتوری home سیستم عامل.....	۳۱
شکل ۱-۳۸: قرار دادن آدرس فایل Geant4.sh و Geant4make.sh در /home/.bashrc.....	۳۱
شکل ۱-۳۹: ایجاد پوشه ی به نام Geant4_world پس از نصب Geant4.....	۳۲
شکل ۱-۴۰: مثال B1، یکی از مثال های نوع basic.....	۳۳
شکل ۱-۴۱: قرار دادن مثال B1 در محیط کاری Geant4.....	۳۳
شکل ۱-۴۲: اجزاء مختلف مثال B1.....	۳۳
شکل ۱-۴۳: محتوای فایل include.....	۳۴
شکل ۱-۴۴: پیاده سازی کلاس ها و توابع تعریف شد در قسمت src.....	۳۴
شکل ۱-۴۵: محتویات تابع main برنامه.....	۳۵
شکل ۱-۴۶: اجرای مثال B1 با روش make و تغییرات لازم به منظور اجرایی کردن.....	۳۶
شکل ۱-۴۷: قرار گرفتن در دایرکتوری مورد نظر با فرمان cd.....	۳۶
شکل ۱-۴۸: اجرا و کامپایل مثال B1 با فرمان make.....	۳۶
شکل ۱-۴۹: اجرای موفقیت آمیز مثال B1 با پیغام مشخص شده در شکل.....	۳۷
شکل ۱-۵۰: ساخت فایل های اجرایی bin و temp.....	۳۷
شکل ۱-۵۱: استفاده از فرمان مشخص شده در شکل به منظور اجرای مثال B1.....	۳۸
شکل ۱-۵۲: اجرای مثال مورد نظر و نمایش هندسه با سیستم گرافیکی QT.....	۳۸
شکل ۱-۵۳: تریبرد صد ذره با استفاده از تابع beamOn ارائه شده بوسیله ی Geant4.....	۳۹
شکل ۱-۵۴: تایپ فرمان cmake-gui برای نمایش cmake گرافیکی.....	۴۰
شکل ۱-۵۵: قرار دادن آدرس پروژه ی مورد نظر در قسمت Browse Source در cmake گرافیکی.....	۴۰
شکل ۱-۵۶: قرار دادن آدرس مورد نظر برای قرار گرفتن فایل های ساخته شده ی پروژه ی مورد نظر.....	۴۱

- شکل ۱-۵۷: ادامه‌ی مراحل ساخت پروژه‌ی ساخت مثال B1 با کلیک بر روی Generate و configure..... ۴۱
- شکل ۱-۵۸: تایپ آدرس مورد نظر برای ساخت پروژه در ترمینال..... ۴۲
- شکل ۱-۵۹: ساخت موفقیت آمیز مثال B1..... ۴۲
- شکل ۱-۶۰: تایپ دستور exampleB1/ در ترمینال به منظور اجرای مثال مورد نظر..... ۴۲
- شکل ۱-۶۱: قرار دادن فایل اصلی Geant4 در دایرکتوری مشخص شده با کادر قرمز..... ۴۳
- شکل ۱-۶۲: مشخص کردن دایرکتوری که فایل اصلی Geant4 در آن قرار دارد..... ۴۴
- شکل ۱-۶۳: با کلیک بر روی Configure پنجره‌ی نشان داده شده در شکل باز می‌شود..... ۴۴
- شکل ۱-۶۴: گزینه‌ی مشخص شده با رنگ قرمز نشان دهنده‌ی عدم تنظیمات بخش‌های مختلف برنامه‌ی Geant4 است..... ۴۵
- شکل ۱-۶۵: قرار دادن آدرس داده‌های مورد نیاز Geant4 در مقابل گزینه‌ی GEANT4 INSTALL DATADIR..... ۴۶
- شکل ۱-۶۶: پایان موفقیت آمیز تنظیمات بخش‌های مختلف Geant4..... ۴۷
- شکل ۱-۶۷: پایان موفقیت آمیز با بنام‌های Configuring done و Generating done..... ۴۸
- شکل ۱-۶۸: اجرای کامپایلر Visual Studio و انتخاب گزینه‌ی Open -> Project..... ۴۸
- شکل ۱-۶۹: انتخاب فایل Geant4.sln در پوشه‌ی build Geant4.10.1 و باز کردن آن..... ۴۹
- شکل ۱-۷۰: کلیک بر روی گزینه‌ی مشخص شده در کادر، در کامپایلر Visual Studio..... ۴۹
- شکل ۱-۷۱: آغاز مراحل ساخت Geant4..... ۵۰
- شکل ۱-۷۲: کلیک بر روی Properties به منظور تنظیم متغیرهای محلی..... ۵۰
- شکل ۱-۷۳: کلیک بر روی گزینه‌ی Advanced system settings به منظور تنظیم متغیرهای محلی..... ۵۱
- شکل ۱-۷۴: انتخاب گزینه‌ی Environment Variables..... ۵۱
- شکل ۱-۷۵: ساخت متغیرهای جدید برای تنظیمات نهایی..... ۵۲
- شکل ۱-۷۶: نمونه‌ی تنظیمات چند نمونه از داده‌ها..... ۵۲
- شکل ۱-۷۷: تنظیم فایل نصبی Geant4..... ۵۳
- شکل ۱-۷۸: تولید یک ماشین مجازی جدید..... ۵۴
- شکل ۱-۷۹: ادامه‌ی مراحل نصب لینوکس بر روی VMware..... ۵۴
- شکل ۱-۸۰: انتخاب سیستم عامل لینوکس و توزیع اوبونتو به منظور نصب بر روی VMware..... ۵۴
- شکل ۱-۸۱: تعیین نام و محلی برای نصب برای سیستم عامل مورد نظر..... ۵۵
- شکل ۱-۸۲: تنظیمات ظرفیت دیسک برای نصب لینوکس..... ۵۵
- شکل ۱-۸۳: اتمام مراحل معرفی لینوکس به VMware..... ۵۶

- شکل ۸۴-۱: ویرایش سیستم عامل مجازی به نام ubuntu..... ۵۷
- شکل ۸۵-۱: ویرایش سیستم عامل مورد نظر..... ۵۷
- شکل ۸۶-۱: مشخص نمودن مکان فایل iso از لینوکس به منظور ادامه‌ی مراحل نصب..... ۵۸
- شکل ۸۷-۱: انتخاب گزینه‌ی مورد نظر به منظور شروع کار سیستم مجازی..... ۵۸
- شکل ۸۸-۱: آغاز مراحل نصب لینوکس بر روی VMware..... ۵۹
- شکل ۸۹-۱: ادامه‌ی مراحل نصب..... ۵۹
- شکل ۹۰-۱: انتخاب گزینه‌ی مشخص شده با کادر قرمز و ادامه‌ی مراحل نصب..... ۶۰
- شکل ۹۱-۱: انتخاب مکان زندگی، به طور مثال تهران..... ۶۰
- شکل ۹۲-۱: انتخاب زبان سیستم عامل..... ۶۱
- شکل ۹۳-۱: انتخاب نام برای سیستم عامل و تعیین کلمه عبور برای آن..... ۶۱
- شکل ۹۴-۱: محیط لینوکس در VMware..... ۶۲
- شکل ۱-۲: محتویات یک برنامه‌ی Geant4..... ۸۰
- شکل ۲-۲: (الف) محتویات پوشه‌ی include و (ب) محتویات پوشه‌ی src..... ۸۱
- شکل ۳-۲: ساخت یک ماکرو در برنامه..... ۸۵
- شکل ۴-۲: خروجی اجرا به روش دستوری با خودنویس ماکروی macro.mac..... ۸۶
- شکل ۱-۳: نمایش مواد و عناصر پایگاه داده‌ی آبی در حالت idle..... ۹۴
- شکل ۱-۴: هندسه‌ی مکعب با کلاس G4Box..... ۱۰۵
- شکل ۲-۴: هندسه‌ی یک نمونه استوانه (G4Tubs)..... ۱۰۶
- شکل ۳-۴: تعریف استوانه با مقاطع بریده شده با کلاس G4CutTubs..... ۱۰۷
- شکل ۴-۴: مخروط تعریف شده با کلاس G4Cons..... ۱۰۷
- شکل ۵-۴: نمایش سه زاویه‌ی مختلف..... ۱۰۸
- شکل ۶-۴: ساخت متوازی السطوح با کلاس G4Para..... ۱۰۹
- شکل ۷-۴: ساخت دوزنقه با استفاده از کلاس G4Trd..... ۱۰۹
- شکل ۸-۴: ساخت پوسته‌ی کروی با استفاده از کلاس G4Sphere..... ۱۱۰
- شکل ۹-۴: ساخت یک کره‌ی کامل با استفاده از کلاس G4Orb..... ۱۱۱
- شکل ۱۰-۴: ساخت یک لوله‌ی خمیده با استفاده از کلاس G4Torus..... ۱۱۱
- شکل ۱۱-۴: هندسه‌ی چنبره G4Torus..... ۱۱۲
- شکل ۱۲-۴: ساخت یک polycons با استفاده از کلاس G4Polycone..... ۱۱۲
- شکل ۱۳-۴: پیاده هندسه استوانه با سطح مقطع بیضوی با استفاده از کلاس G4EllipticalCone..... ۱۱۳
- شکل ۱۴-۴: هندسه بیضی‌گون کامل با استفاده از کلاس G4Ellipsoid..... ۱۱۴
- شکل ۱۵-۴: هندسه مخروط با مقطع بیضوی با استفاده از کلاس G4EllipticalCone..... ۱۱۵

- شکل ۴-۱۶: هندسه سهمی گون با استفاده از کلاس G4Paraboloid..... ۱۱۵
- شکل ۴-۱۷: استوانه با بدنه‌ی هذلولوی با استفاده از کلاس G4Hype..... ۱۱۶
- شکل ۴-۱۸: دو کره‌ی کامل دارای همپوشانی..... ۱۱۸
- شکل ۴-۱۹: عمل اجتماع دو کره..... ۱۱۸
- شکل ۴-۲۰: اشتراک دو کره..... ۱۲۰
- شکل ۴-۲۱: تفریق دو کره..... ۱۲۱
- شکل ۴-۲۲: ساختار تکراری با استفاده از کلاس G4PVReplica..... ۱۲۴
- شکل ۴-۲۳: هندسه‌ی یک استوانه که به ده قسمت تقسیم شده و در دو انتها آفست دارد..... ۱۲۵
- شکل ۴-۲۴: بدنه سازی کلاس G4PVDivision با آفست در یک انتها..... ۱۲۷
- شکل ۴-۲۵: کلاس G4PVDivision با آفست در دو انتها..... ۱۲۹
- شکل ۴-۲۶: بدنه سازی کلاس G4ReplicatedSlice..... ۱۳۰
- شکل ۴-۲۷: مجموعه‌ی یک دانه‌ی ساده‌ی Geant4..... ۱۳۱
- شکل ۴-۲۸: (الف) محتویات فایل include با فرمت (.hh) و (ب) محتویات فایل src با فرمت (.cc)..... ۱۳۱
- شکل ۵-۱: نمایشی از سه ربع فرا..... ۱۴۱
- شکل ۵-۲: بررسی فرایندهای گوناگون در ابتدای گام (وقوع فرایند B)..... ۱۴۱
- شکل ۵-۳: اطلاعات G4Track..... ۱۴۳
- شکل ۵-۴: اطلاعات کلاس G4Step که از کرنل Geant گرفته شده است..... ۱۴۵
- شکل ۵-۵: میزان درازنویسی ۱ برای گروه track/verbose ۱..... ۱۴۵
- شکل ۵-۶: میزان درازنویسی ۲ برای گروه track..... ۱۴۶
- شکل ۵-۷: میزان درازنویسی ۳ برای گروه track..... ۱۴۶
- شکل ۵-۸: ادامه‌ی خروجی برای میزان درازنویسی ۳ برای گروه track..... ۱۴۷
- شکل ۵-۹: اطلاعات خروجی برای میزان درازنویسی ۴ و بالاتر..... ۱۴۷
- شکل ۵-۱۰: نمایش مدل‌های سایش و برش..... ۱۸۵
- شکل ۵-۱۱: مقدار قطع تولید بالا در مقابل قطع تولید پایین..... ۱۹۰
- شکل ۵-۱۲: مقدار قطع یک کیلومتر (شکل بالا) در مقابل مقدار قطع یک میلی‌متر (شکل پایین)..... ۱۹۱
- شکل ۵-۱۳: تعریف دو سند (الف) در قسمت include و (ب) در قسمت src..... ۲۰۱
- شکل ۵-۱۴: ایجاد دو سند، (الف) در قسمت include و (ب) در قسمت src..... ۲۰۸
- شکل ۶-۱: اضافه کردن دو سند (الف) در قسمت src و (ب) در قسمت include به منظور ساخت چشمه..... ۲۲۵
- شکل ۶-۲: طیف انرژی پیوسته‌ی نیکل..... ۲۴۰
- شکل ۶-۳: محتویات سند include و src برنامه..... ۲۴۹

شکل ۶-۴: افزودن فایل ماکرو به نام gps.mac داخل برنامه که محتویات آن فرمان‌هایی به منظور	۲۵۲
تعریف چشمه می‌باشد.....	۲۵۸
شکل ۷-۱: خروجی مشخص شده در فایل متنی out.txt.....	۲۵۹
شکل ۷-۲: نمایش مصورسازی خروجی.....	۲۶۰
شکل ۷-۳: بخش از خروجی متنی مش استوانه‌ای.....	۲۶۲
شکل ۷-۴: نمایش سه مش مکعب مستطیل.....	۲۷۴
شکل ۷-۵: هندسه‌ی مثال شامل یک مکعب و یک استوانه داخل حجم جهانی.....	۲۷۴
شکل ۷-۶: محتویات برنامه‌ی مورد نظر برای حل مساله.....	۲۷۵
شکل ۷-۷: کلاس‌های مورد نیاز برای حل مساله.....	۲۹۱
شکل ۷-۸: خروجی برنامه.....	۲۹۴
شکل ۸-۱: سیستم گرافیکی OpenGL.....	۲۹۵
شکل ۸-۲: سیستم گرافیکی Direct3D.....	۲۹۶
شکل ۸-۳: سیستم گرافیکی Open Inventor.....	۲۹۷
شکل ۸-۴: سیستم گرافیکی OpenGL Header.....	۲۹۸
شکل ۸-۵: سیستم گرافیکی Direct3D.....	۲۹۹
شکل ۸-۶: سیستم گرافیکی VRML.....	۳۰۰
شکل ۸-۷: سیستم گرافیکی RayTracer.....	۳۰۰
شکل ۸-۸: سیستم گرافیکی gMocren.....	۳۰۱
شکل ۸-۹: تعریف یک ماکرو به منظور تعریف فرمان‌های مصورسازی.....	۳۰۵
شکل ۸-۱۰: نمایش پنجره‌ی مورد نظر با فرمان vis/open OpenGL 100x100+0+0.....	۳۰۶
شکل ۸-۱۱: نمایش پنجره‌ی مورد نظر در مختصات نشان داده شده با فرمان vis/open OGL 100x100-200-200.....	۳۰۷
شکل ۸-۱۲: نمایش هندسه به صورت wireframe.....	۳۰۷
شکل ۸-۱۳: نمایش هندسه‌ی شکل ۸-۱۲ به صورت surface.....	۳۰۸
شکل ۸-۱۴: نمایش محورهای مختصات.....	۳۱۰
شکل ۸-۱۵: کلیک روی trajectory به منظور نمایش اطلاعات فیزیکی آن.....	۳۱۲
شکل ۸-۱۶: خروجی فرمان‌های مصورسازی.....	۳۱۲
شکل ۸-۱۷: اضافه کردن قاب که با رنگ قرمز مشخص شده است.....	۳۱۳
شکل ۸-۱۸: مسیر پروتون‌ها و الکترون‌های ثانویه در غیاب میدان مغناطیسی.....	۳۱۴
شکل ۸-۱۹: مسیر ذرات در حضور میدان مغناطیسی درون سو تغییر کرده است و میدان درون سو	
با نقطه‌ای در شکل نمایان است.....	

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

۱۲۲	جدول ۴-۱: تعریف آرگومان‌های کلاس G4PVReplica
۱۲۲	جدول ۴-۲: محورهای تکرار
۱۲۶	جدول ۴-۳: آرگومان‌های کلاس G4PVDivision
۱۲۸	جدول ۴-۴: حجم‌های تعریف شده با کلاس G4PVDivision و محورهای مربوطه
۱۶۰	جدول ۵-۱: ذرات و مدل‌های کلاسی و بازه‌ی انرژی قابل قبول برای آنها طبق مدل لیورمور
۱۶۲	جدول ۵-۲: ذرات و مدل‌های کلاسی و بازه‌ی انرژی قابل قبول برای آنها طبق مدل پتلوپه
۲۳۸	جدول ۶-۱: ویشی تعدادی از طیف‌ها به همراه توابع آنها و نام آنها که مورد استفاده قرار می‌گیرد

مقدمه

معرفی Geant4

ابزار شبیه سازی^۱ "Geant" در سال ۱۹۷۰ و به منظور شبیه سازی، "Geometry" and "Tracking" یعنی هندسه و ردیابی، ایجاد شد. ابزار Geant4 به صورت مجموعه نرم افزاری رایگان، شامل ترکیبی از ابزارهای کلیدی می باشد که به طور دقیق قابلیت ترابرد ذرات در ماده را فراهم می کند. تمام جنبه های مختلف شبیه سازی در این ابزار شبیه سازی پیاده سازی می شود. مواردی که قابل شبیه سازی هستند عبارتند از:

- هندسه
- مواد تشکیل دهنده
- ذرات با قابلیت ردگیری در شبیه سازی
- تولید رویدادهای اولیه
- ترابرد ذرات در ماده و در حضور میدان های الکترومغناطیسی
- فرایند فیزیکی به منظور تعریف برهمکنش های ذرات
- پاسخ اجزاء آشکارسازها
- تولید اطلاعات رویدادها
- ذخیره ی رویدادها
- مصور سازی آشکارساز، مسیر ذرات و...

• تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از شبیه‌سازی

ابزار Geant4 مبتنی بر برنامه‌نویسی ++C از روش‌های بسیار پیشرفته‌ی مهندسی نرم‌افزار و ویژگی‌های گرایشی^۱ استفاده می‌کند. به منظور ساخت پروژه‌ی خاص، کاربر از ویژگی‌های فوق استفاده کرده و با استفاده از کلاس‌های عملیاتی که تعریف نموده است، به اجرای Geant4 می‌پردازد. مشکلات سایر کدهای قبلی نظیر ناتوانی و پیچیدگی در توسعه‌ی کد یا افزودن فرایندهای فیزیکی جدید و گوناگون، مطابق خواسته‌ی کاربر با استفاده از مفهوم شیء‌گرایی مرتفع گردیده است. استفاده از روش شیء‌گرایی باعث مدیریت پیچیدگی و محدود کردن وابستگی بخش‌های مختلف برنامه به یکدیگر شده است. این امتیازات با استفاده از تعریف رابط‌های کاربری در بخش‌های مختلف فراهم گردیده است. با استفاده از مفهوم شیء‌گرایی، عملکرد مدل‌های مختلف به راحتی قابل تشخیص و تغییر بوده و افزودن مدل جدید به راحتی امکان‌پذیر می‌باشد. هسته‌ی Geant4 شامل مجموعه‌ای از چندین مدل فیزیکی با گستره‌ی انرژی وسیع به منظور کنترل برهمکنش‌های ذرات با ماده می‌باشد.

چرا Geant4؟

آزمایشات فیزیک هسته‌ای دارای پیچیدگی‌های فراوانی می‌باشند. مسأله‌ی مهم‌تر، افزایش تقاضا برای شبیه‌سازی‌های بزرگ مقیاس، دقیق و جامع آشکارسازها و ذرات مورد استفاده در این آزمایش‌ها می‌باشد. این پیچیدگی در بخش‌های دیگر از علوم نیز مانند فیزیک پرتوها، علوم فضایی، پزشکی هسته‌ای و به‌طور کلی در هر موضوعی که با برهمکنش ذرات با ماده، ظاهر می‌شود. برای حل این مشکل، ابزار شبیه‌سازی بر اساس مفهوم شیء‌گرایی، ++C، ایجاد شده و توسعه یافته است. این ابزار، مجموعه‌ای گوناگون از اجزاء نرم‌افزاری را مورد استفاده قرار می‌دهد که بسته به نیاز و پیچیدگی آزمایش، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تاریخچه‌ی Geant4

شکل‌گیری Geant4 به‌طور جداگانه توسط دو گروه مستقل در CERN و KEK از سال ۱۹۹۳ شروع شد. هر دو گروه به دنبال این هدف بودند که برنامه‌ی نوشته شده با Geant3 مبتنی بر زبان برنامه‌نویسی FORTRAN را بهبود بخشند. این دو گروه سپس تحت عنوان کمیته‌ی تحقیقات و پیشرفت‌های آشکارسازی سرن (CERN)^۲ به هم پیوستند تا برنامه‌ی شبیه‌سازی بر اساس فناوری

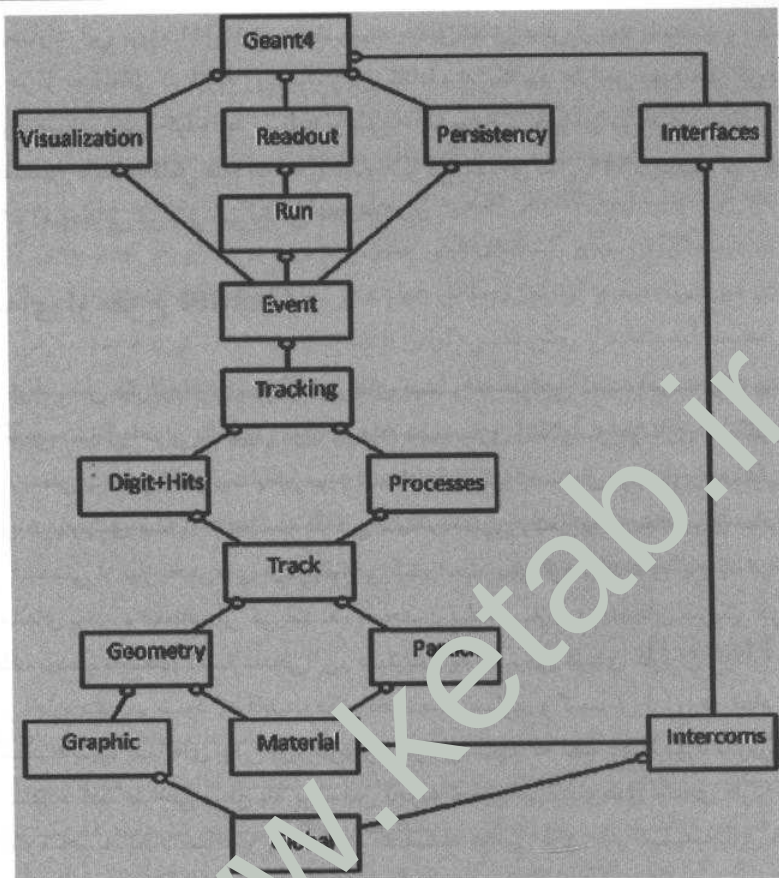
^۱ Object Oriented Technology

^۲ European Organization for Nuclear Research (known as CERN)

شیء‌گرا بسازند. این پروژه RD44 نامیده شد که حاصل تلاش بیش از صد دانشمند و مهندس در بیش از ده مرکز تحقیقاتی در اروپا، روسیه، ژاپن، کانادا و آمریکا بود. طراحی مورد نظر گروه RD44 بر اساس برنامه‌نویسی شیء‌گرا و زبان برنامه نویسی C++ بود. این پروژه‌ی در دسامبر سال ۱۹۹۸ با انتشار نخستین نسخه کامل شد. نسخه‌ی بعدی نیز در ژانویه‌ی سال ۱۹۹۹ منتشر شد که شامل پیشرفت‌ها و بهبودهایی در ابزار شیء‌گرای Geant4 بود.

خلاصه‌ای از طرح Geant4

Geant4 بر اساس نیاز نرم‌افزاری در آزمایش‌های پیشرفته طراحی شده است. یک سیستم نرم‌افزاری نوعی شامل اجزایی از قبیل مولد رویداد، شبیه‌سازی آشکارساز، بازسازی و آنالیز می‌باشد که می‌تواند به صورت مجزا یا ترکیب باهم مورد استفاده قرار گیرد. بسته‌ی نرم‌افزاری به‌عنوان پایه‌ای برای اجزای شبیه‌سازی، اخته شده‌است. لذا این بسته، به‌عنوان رابط تعریف شده برای سایر اجزاء و مهیا کردن قسمتی از نیاز بخش‌های دیگر طراحی شده است. یکی از قابلیت‌های این کد در طراحی، قابلیت پیمانه‌ای بودن و حفظ انعطاف‌پذیری باشد، همچنین پیاده‌سازی فرایندهای فیزیکی در این کد کاملاً شفاف بوده و به‌منظور اعتبار سنجیدن، دسترسی به کد برای کلیه‌ی کاربران رایگان می‌باشد. لذا به کاربر اجازه داده می‌شود که به‌تدریج به تخصیصی‌سازی و گسترش آن را در تمام زمینه‌ها داشته باشد. قابلیت پیمانه‌ای بودن آن، کاربر را قادر می‌سازد که فقط اجزاء مورد نیازش را تغییر داده و یا استفاده کند. طراحی سطح بالا بر اساس اجزای، تحلیل نیازمندی‌های اولیه‌ی کاربر می‌باشد که در نهایت منجر به ایجاد ساختار پیمانه‌ای و سلسله‌ه‌ای برای ابزار شبیه‌سازی مورد نظر می‌باشد.



شکل ۱: ساختار سلسله مراتبی ابزار شبیه‌سازی Geant4

حوزه‌های اساسی شبیه‌سازی مسیر عبور ذرات در ماده عبارتند از:

- هندسه و مواد
- برهمکنش ذرات در ماده
- مدیریت ردیابی
- مدیریت رویدادها
- مدیریت برخورد و مسیر ذرات
- چهارچوب مصورسازی
- رابط کاربری

این قسمت‌ها طبیعتاً منجر به تولید گروه‌های کلاسی با رابط‌های هم‌جنس می‌شوند که برای هر قسمت کارگروهی با مسئولیت مشخص وجود دارد. مفهوم “toolkit” نیز از اینجا نشأت می‌گیرد.

که کاربر می‌تواند در زمان اجرا، برنامه‌ی خود را از اجزایی که از *toolkit* انتخاب کرده یا بر اساس برنامه تعریف شده توسط خودش پیاده‌سازی کند.

www.ketab.ir