وزارت علوم، تحقیقات وفنّاوری
سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

سومین کنفرانس الکترومغناطیس مهندسی (کام) ایران
۱۳-۱۲ آذرماه ۱۳۹۳

انجمن علمی الکترومغناطیس مهندسی ایران

مدلسازی دو بعدی و سه بعدی تابش الکترومغناطیسی ذرات باردار با استفاده از روش FDTD+CIC

حسن زیبائی نژاد*[۱]، دکتر حبیب الله عبیری[۲] ، زینب زیبائی نژاد[۳]
[۱] دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز
[۲] دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز
[۳] دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز
zibaeenejad.h@gmail.com[۱]
abiri@shirazu.ac.ir [۲]
zibaeenejad.z@gmail.com[۳]

چکیده – در این مقاله با معرفی برخی مشکلات پیش رو در شبیه سازی تابش ذرات باردار ، به بررسی آنها پرداخته و ضمن تحلیل آنها، چگونگی شبیه سازی دوبعدی و سه بعدی تابش الکترومغناطیسی ذرات باردار با ترکیب روش ذره در سلول *Particle In Cell(PIC)* با روش مشتقات زمانی حوزه زمان *Finite Difference Time Domain* ارائه شده است و در نهایت ضمن پیاده سازی دو بعدی و سه بعدی روش ابر در سلول *Cloud in cell(CIC)* برخی نکات تکنیکی در این زمینه بیان گردیده است.

کلید واژه- تابش الکترومغناطیسی، ذرات باردار، چگالی جریان، روش مشتقات زمانی حوزه زمان، روش ابر در سلول

۱- مقدمه

به طور کلی هر ذرهٔ بارادر شتابداری دارای تابش الکترومغناطیسی است.[1] روش های متعددی جهت شبیه سازی تابش و حرکت ذرات ارائه شده است که متداولترین آنها روش ذره در سلول Particle in cell(PIC) است.[2] مباحث تئوری این روش در دهه ۷۰ میلادی با انتشار متون علمی توسط Birdsall و Hockney بسط داده شد[3,4] این روش با اطلاق بار الکتریکی به محیط شبیه سازی و با استفاده از یکی از تکنیک های نزدیک ترین نقطه شبکه (Nearest Grid Point(NGP))، ابر بار در سلول(Cloud In Cell(CIC))و . . . و با حل معادلات پتانسیل، میدان ذرات باردار را محاسبه می کند. تلاش هایی برای اطلاق جریان الکتریکی به جای بار الکتریکی توسط Buneman وMorse انجام گردید و روش نزدیک ترین نقطه شبکه ارائه شد.[5,6] اما نویز حاصل از این تکنیک[7] باعث گردید Villasenor و Buneman روش CIC را برای درونیابی جریان پیشنهاد دهند.[8] اگر برای محاسبه میدان الکترومغناطیسی تابشی ذرات از روش مشتقات محدود حوزهٔ زمان(Finite Difference Time Domain(FDTD)) استفاده شود، امکان درونیابی بار وجود ندارد زیرا این روش از معادله اول و دوم ماکسول (روابط ۱و۲) استفاده می کند که در این معادلات، چگالی بار الکتریکی وجود ندارد و تنها به کمک جریان الکتریکی می توان تابش را مدلسازی نمود.

$$\nabla\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\Rightarrow \quad (۱)$$
$$\vec{E}^{n+1}-\vec{E}^{n}=\frac{dt}{\varepsilon}\left[\nabla\times\vec{H}\right]^{n+1/2}-dt\,\vec{J}^{n+1/2}$$

$$\nabla\times\vec{H}=\frac{\partial D}{\partial t}+\vec{J}\Rightarrow \vec{B}^{n+1/2}-\vec{B}^{n-1/2}=-\frac{dt}{\mu}\left[\nabla\times E\right] \quad (۲)$$

لذا به جای اطلاق بار الکتریکی باید اطلاق جریان الکتریکی انجام گیرد به طوری که پایستگی بار در نظر گرفته شود. در این مقاله ضمن توضیح مشکلات پیش رو جهت اطلاق جریان الکتریکی به فضای FDTD، چگونگی پیاده سازی CIC دو بعدی و سه بعدی و برخی نکات تکنیکی مرتبط با آن ارائه می گردد.

۲- درونیابی جریان الکتریکی و اشکالات آن

یک ذره باردار با چگالی بار ρ و سرعت $\vec{v}$، دارای چگالی جریانی برابر با $\vec{J}=\rho\vec{v}$ است. اگر چگالی جریان به نقطه ای از فضای یک بعدی اعمال شود (شکل۱) با توجه به رابطهٔ پیوستگی (رابطه۳) مقداری بار در اطراف نقطه با گذشت زمان ذخیره می شود به طوری که مقدار بار در دو طرف آن قرینه یکدیگر است.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.isseem.ir قابل دسترسی باشد