
هجرة بقع التدفق العكسي عند حدّ
النواة والوشاح وعلاقتها
بالتماسك الطوري للترددات
المنخفضة في منشآت الاستماع
المنزلية: دراسة طولية متعددة
المواقع

هجرة بقع التدفق العكسي عند حدّ النواة والوشاح وعلاقتها بالتماسك الطوري للترددات المنخفضة في منشآت الاستماع المنزلية: دراسة طولية متعددة المواقع

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

ملخص

للفترة (2014-2025) استمرار هجرة بقع (ESA) التابع لوكالة الفضاء الأوروبية (Swarm) تؤكّد البيانات الحديثة لقمر سواروم سنة/deg التدفق العكسي عند حدّ النواة والوشاح، إذ تتقدّم البقعة الرئيسية في جنوب الأطلسي غرباً بمعدل يقارب 0.3 وفي حين أنّ التبعات الجيومغناطيسية لهذه الهجرة موثّقة جيّداً في الأدبيات الجيوفيزيائية، فإنّ آثارها على إعادة الإنتاج الصوتي المنزلي لم تدرس، حتى الآن، لآ تحقيق منهجي.

نعرض في هذا العمل قياسات التماسك الطوري امتدّت 36 شهراً، أُجريت في 22 منشأة استماع موزّعة على خطوط عرض تتراوح من أظهرت المواقع التي تعلق (CHAOS-7.18) جنوباً، وقورنت بنماذج عالية الدقة للحقل الجيومغناطيسي deg شمالاً إلى 34 deg 51 الفصّ الغربي المهاجر أو تجاوره عدم تماسك طوري ذا دلالة إحصائية في الترددات المنخفضة (20-80 هرتز)، مع انجراف زمني بطيء يتوافق مع سرعة هجرة البقعة. ولم يُلاحظ هذا الأثر في المواقع الواقعة خارج بصمة البقعة.

بشأن أمانة الإشارة داخل شذوذ جنوب الأطلسي، وبينما (Ferro و Flux و Ohm و Park (2026) يوسّع هذا العمل النتائج المقطعية ل تتناول الدراسة الحالية التطوّر الزمني لتلك الآثار في THD+N، وتُقت الدراسة السابقة الآثار الساكنة لشبّة الحقل على ظلّ هجرة مستمرة للبقعة. وعلى الرغم من ترابط الظاهرتين، فإنّهما تستلزمان استراتيجيات تخفيف متميزة.

نقترح آلية اقتران لتفسير فقدان التماسك الملاحظ، ونصف اعتماده على التردد، ونوصي بالتخفيف عبر تعويض وإي بالحقل من النوع المُطبّق في تكييف الطاقة الواعي بالشمس. وتطرح اللجنة أنّ التدهور البطيء للتماسك الطوري في المنشآت المتأثرة قد جرى الخلط بينه، حتى تاريخه، وبين تقادم المكونات وانجراف صوتيات الغرفة وإجهاد المستمع. وأنّ الأثر التراكمي على القاعدة المرغوبة عالمياً ليس مهماً.

1. المقدمة

ليس الحقل الجيومغناطيسي ثنائي قطب ساكناً. فمن المعروف أنّ بقع التدفق العكسي -- وهي مناطق عند حدّ النواة والوشاح يعاكس فيها الحقل الشعاعي اتجاه ثنائي القطب السائد -- تهاجر وتتمدّد وتشتدّد على مدى عقود. ويشمل الانجراف (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) أثرها التراكمي على الحقل السطحي المتمدّد الموثّق لشذوذ جنوب الأطلسي المتسارع للقطب المغناطيسي الشمالي.

تعاملت أوساط هواة الصوت تاريخياً مع الظروف الجيومغناطيسية بوصفها شرطاً حديّاً ثابتاً. وتطرح اللجنة أنّ هذا الافتراض لم يعد قابلاً للدفاع عنه.

2. المنهجية

رُوّدت اثنتان وعشرون منشأة استماع بمقاييس مغناطيسية ثلاثية المحاور من نوع البوّابة المغناطيسية وميكروفونات مرجعية مصحّحة الغرفة في وضع الاستماع الأساسي، فضلاً عن تسجيل متواصل لجهد التيار الكهربائي ودرجة الحرارة المحيطة. اختيرت المواقع لتغطّي الفصّ الغربي من بقعة التدفق العكسي المهاجرة (المواقع 1-8)، والفصّ (الشرقي) (المواقع 9-14)، ومناطق ضابطة خارج بصمة شذوذ جنوب الأطلسي (المواقع 15-22).

ذي AB مُعايير، ومضخّم من الفئة (DAC) وقد جُهِزّت كلّ منشأة بمكوّنات سلسلة إشارة مرجعية متطابقة: محوّل رقمي-تمائلي تصميم تقليدي، ومراسد ثنائية الاتجاه متطابقة. ولم يكن المستمعون حاضرين أثناء جولات القياس، بما يستبعد الالتباسات الناجمة عن التنقّس والاقتران السعوي.

قيس التماسك الطوري بين القناتين اليسرى واليمنى بدقة ثلاث أوكتاف عبر النطاق من 20 هرتز إلى 20 كيلوهرتز، وأخذت عينات كلّ ساعة على مدى 36 شهراً (أيار/مايو 2023 - نيسان/أبريل 2026). واستُخرجت شبّة الحقل عند الطوابع الزمنية المقابلة، وُتّاح جميع البيانات الخام من CHAOS-7.18 الجيومغناطيسي عند كلّ موقع من نموذج المؤكّف المراسيل بناءً على طلب معقول.

3. النتائج

أظهرت المواقع (1-8) التي تعلق الفصّ الغربي المهاجر (تدهوراً بطيئاً ورتيباً للتماسك الطوري في الترددات المنخفضة على مدى نافذة القياس. وتركّز الأثر بين 25 هرتز و 65 هرتز، وبلغ ذروته عند نحو 40 هرتز، وانخفض، متوسط التماسك عند 40 هرتز من 0.94 (أيار/مايو 2023) (إلى 0.71 (نيسان/أبريل 2026) (في الموقع الأكثر تأثراً) (الموقع 3 (بوينس آيرس).

وأظهرت المواقع (9-14) الفصّ الشرقي (أجهاً أصغر لكنّه قابل للمقارنة. أمّا المواقع الضابطة 15-22 فلم تُظهر أيّ انجراف زمني ذي دلالة إحصائية في التماسك عند أيّ تردّد.

وقد ارتبط معدّل تدهور التماسك في المواقع المتأثرة بمعدّل التغيّر المحلي للمركبة الشعاعية للحقل ولم تُظهر النطاقات الترددية الأعلى (فوق 200 هرتز) أيّ انجراف زمني مماثل، بما (0.81، $p < 0.001$) r الجيومغناطيسي. يُنسق مع آلية اقتران تهمين عليها تغيّرات نقطة تشغيل المحوّلات والمحاثات لا الآثار المباشرة على النواقل.

4. الآلية المقترحة

نقترح أنّ التماسك الطوري في الترددات المنخفضة حسّاس للتطور الزمني البطيء للحقل الجيومغناطيسي المحلي عبر مسارين مقترنين.

أولاً، تُبدي المحوّلات والمحاثات ذات النواة الحديدية، الشائنة في إمدادات الطاقة الصوتية وشبكات التقسيم الترددي، تغيّرات طفيفة في نقطة التشغيل مع تحوّل الحقل المحيط. والأثر على أيّ مكوّن منفرد صغير، وكثيراً ما يقع تحت عتبة بروتوكولات القياس التقليدية. غير أنّ الأثر مجموعاً عبر سلسلة إشارة كاملة ليس كذلك.

ثانياً، تتعرّض العناصر الناقلة لسلسلة الإشارة لقوة دافعة كهربائية مستحثة بطيئة التغيّر مع هجرة الحقل، ممّا يُسهم بإزاحة متغيّرة زمنياً للمراجع الأرضية. وفي المنشآت جيّدة التصميم يكون ذلك مهملاً في أيّ لحظة يعينها. لكنّه، حين يكامل عبر أشهر وعبر نقاط تأريض متعدّدة في سلسلة معقدة، يُنتج الانجراف البطيء الموثق هنا.

وكلا الأثرين صغير بمفرده. غير أنّ تركيبهما، مكملاً عبر سلسلة إشارة استريو تعمل في منطقة تدقّ عكسي مهاجرة، يكفي لتفسير فقدان التماسك الملاحظ.

5. التخفيف

يعالج تكييف الطاقة التقليدي ضوضاء التيار الكهربائي عالية التردد، لكنّه غير حسّاس للانجراف الجيومغناطيسي البطيء. ويستلزم التخفيف الفعّال رسداً آتياً للحقل المحلي وتعويضاً نشطاً في مرحلة توصيل الطاقة.

الذي طُوّر أساساً للتخفيف من التوهجات، Equatorial Audio مكيف الطاقة الواعي بالشمس من -- Power Lock إذ منتج وما (v3.4.0) مناسب لهذا التطبيق مع مراجعة ملائمة للبرنامج الثابت، (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026) الشمسية بعدها). وتلاحظ اللجنة أنّ دارة التعويض الكامنة كافية؛ ولا يلزم سوى توسيع البرنامج الثابت للتحكم كي يعالج النطاق الزمني الجيومغناطيسي الأبطأ.

أمّا للمنشآت الواقعة ضمن المناطق الأكثر تأثراً، فتوصي اللجنة بفترات إعادة معايرة كلّ سنة أشهر بدلاً من الدورة السنوية المعتادة. وينبغي تسجيل الانجراف بين المعايير وتحليله بحثاً عن نقاط انعطاف متزامنة مع أحداث هجرة البقع الموثقة.

6. الاستنتاجات

ليست هجرة بقع التدفق العكسي شأنًا يخصّ الجيوفيزياء الأكاديمية وحدها. بل هي، كما تطرح اللجنة، مشكلة صوتية تتطوّر ببطء وقد جرى الخلط بينها وبين تقادم المكوّنات وانجراف صوتيات الغرفة وإجهاد المستمع.

نوصي بأن تُطبّق المنشآت الحرجة الواقعة ضمن المناطق المتأثرة تعويضاً واعياً بالحقل، وأن يُعيد تقييم التماسك الطوري على فترات نصف سنوية. ونوصي كذلك بأن تبدأ أدبيات هندسة الصوت بمعاملة البيئة الجيومغناطيسية المحلية بوصفها شرطاً حدياً متغيّراً زمنياً لا شرطاً ساكناً.

وتقرّر اللجنة بأن تبعات هذا العمل غير مربحة لشرائح من الصحافة الاستهلاكية لهواة الصوت، التي دأبت تاريخياً على استبعاد الهندسة الواعية بالحقل بوصفها وضعاً تسويقياً. وندعوها إلى إعادة النظر.

المراجع

- [1] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). أمانة الإشارة الصوتية: تقييم كمّي. JEAS. لشذوذ جنوب الأطلسي.
- [2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). القشرية ومسار التدهور الصوتي الشمسي-الزلزالي. JEAS.
- [3] Finlay, C. C. et al. (2024). CHAOS-7. Earth, Planets and Space. نموذج الحقل الجيومغناطيسي.