

GEMSModels

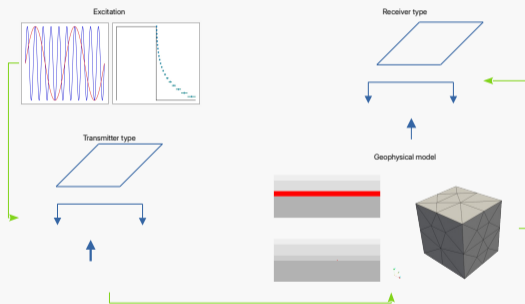
Incorporating a high-level description of 1yr

David Annetts, Aegis Geophysics

May 28, 2026

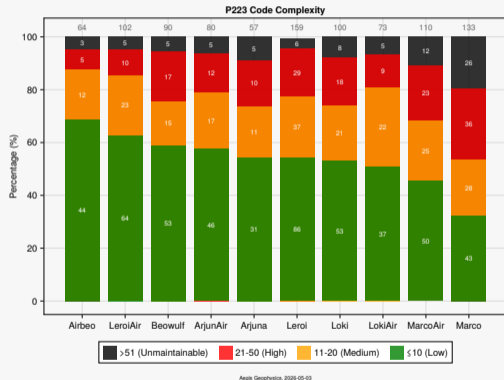
What is GEMSMoDe1s?

- GEMSMoDe1s is designed to model geophysical electromagnetic surveys to aid survey planing and data analysis and interpretation
- It is a modernised version of the CSIRO AMIRA P223 Suite (Raiche et al., 2007)
- When completed, GEMSMoDe1s will be able to model layered earth (1yr), thin plates hosted in layered earths (thin) and discretised volumes (vol)



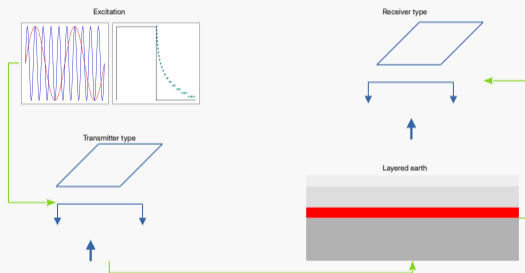
Why GEMSMoDeLs?

- The P223 Suite was developed at CSIRO with 27 years of industry support
- It was released to the public in 2008 when the program ended
 - It is unsupported and unmaintained
 - It is difficult to add capability required to model extant prospecting systems because of code complexity (McCabe, 1976)
- GEMSMoDeLs is designed to address maintenance and complexity issues
 - Completely rewritten in Julia
 - Focus on simplicity, clarity, reuse and ease of extension



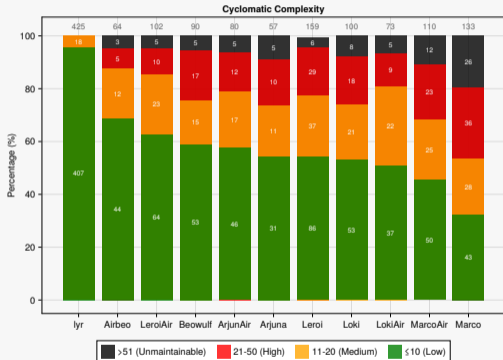
What is lyr?

- lyr is the first component of GEMSMODELS
- lyr models the forward and inverse response of geophysical TEM and FEM surveys over layered earths
- It combines capabilities of Airbeo and Beowulf



How does `lyr` improve on equivalents in the P223 Suite?

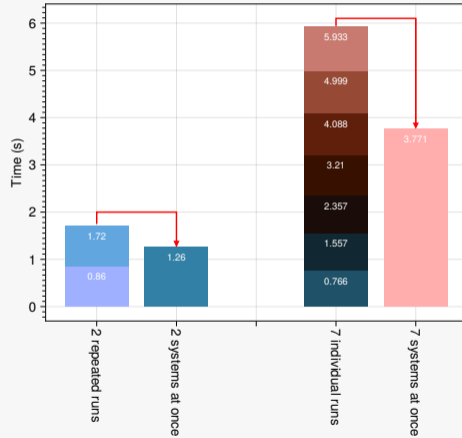
- `lyr` is significantly simpler than any code in the P223 Suite
- Simple and modular code will form the basis of `GEMSMODELS`
 - Simple code is easier to maintain
 - Extensive use of high-level types promotes clarity
 - Extensive use of high-level types permits easier extension for new capability



Aegis Geophysics, 2026-05-27

How does `lyr` improve on equivalents in the P223 Suite?

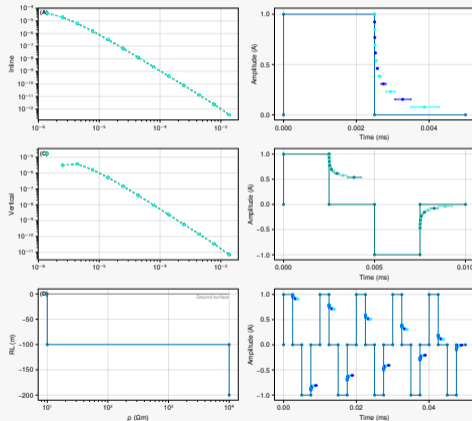
- `lyr` is able to model the response of multiple TEM excitations in a single run
 - This leads to efficiency gains in parametric studies for survey design
 - This permits modelling of multiple-moment waveforms



Aegis Geophysics, 2025-09-23

How does `lyr` improve on equivalents in the P223 Suite?

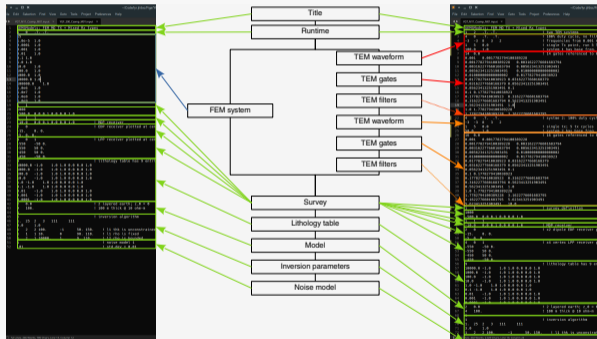
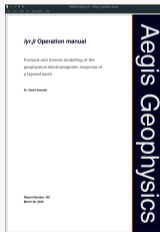
- `lyr` is easily able to model the effects of a variable number of transmitter cycles
 - Conductive earths typically require a greater number of transmitter cycles to be modelled in order to properly account for transmitter run-on effects
- `lyr` is able to model a fully-specified transmitter waveform (right)
 - Complex waveforms can be modelled by specifying the full cycle instead of the half-cycle



Aegis Geophysics, 2023-08-28

How does lyr improve on equivalents in the P223 Suite?

- lyr is documented
 - A logical input file can be written without reference to a long ASCII text



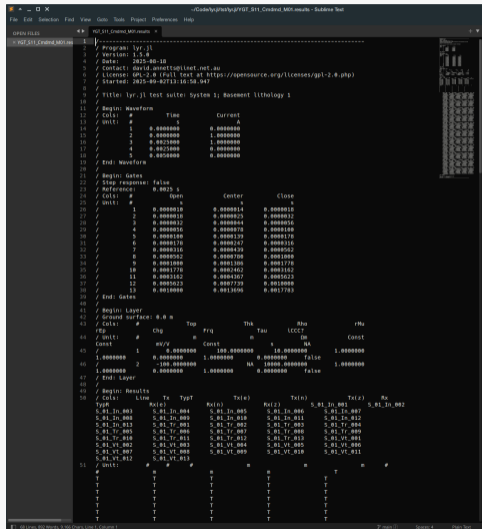
How does `lyr` improve on equivalents in the P223 Suite?

- `lyr` is driven from the command line
 - Inputs required by the program are derived by the program
 - Output file names are derived from the input file name

Extent	Type	Description
<code>input</code>	Input	Prospecting system, survey & model specification. This file is required for forward and inverse modelling.
<code>field</code>	Input	Field data to be inverted. This file is only read if the option to invert data is selected. It has the same format as the <code>results</code> file.
<code>noise</code>	Input	Detailed noise calculations for field data. This file is only read if the option to invert data is selected <i>and</i> noise model 3 is selected. This file is in exactly the same format as the <code>field</code> file. Indeed, it should have exactly the same number of lines and columns.
<code>details</code>	Output	Verbose program output. This file should be checked to ensure that what is modelled was what was intended to be modelled.
<code>results</code>	Output	Plotting output. This file is intended to be used for plotting. Although output data are columnar & ASCII, metadata are provided so that sophisticated programs are able to use a single file to reproduce all data associated with the output such as transmitter waveforms and any model.
<code>summary</code>	Output	This file contains a summary of the run – essentially a screen dump

How does lyr improve on equivalents in the P223 Suite?

- lyr output is opinionated
 - All program outputs are always output and always in the same order
- Output is designed to be read and filtered by an application
 - Extensive metadata are provided in comments



```
r:\Code\gph\test\lyr_011_Conduct_M00_results - Sublime Text
OPEN FILES: r:\Code\gph\test\lyr_011_Conduct_M00_results
1 / Program: lyr jl
2 / Version: 1.5.4
3 / Date: 2025-08-18
4 / Contact: david.annetts@net.net.au
5 / License: GPL-2.0 (full text at https://opensource.org/licenses/gpl-2.0.php)
6 / Started: 2025-09-02T13:16:58.047
7 /
8 / Title: lyr_jl test suite: system 1; Basement lithology 1
9 /
10 /
11 / Begin: Waveform
12 / Cols: #      Time      Current
13 / unit: #      s          A
14 /      1  0.000000  0.000000
15 /      2  0.000000  1.000000
16 /      3  0.002500  1.000000
17 /      4  0.005000  0.000000
18 /      5  0.005000  0.000000
19 / End: Waveform
20 /
21 / Begin: Gates
22 / Stop response: false
23 / Reference: 0.0025 s
24 / Cols: #      Open      Center      Close
25 / unit: #      s          s          s
26 /      1  0.000010  0.000014  0.000010
27 /      2  0.000020  0.000023  0.000020
28 /      3  0.000032  0.000044  0.000036
29 /      4  0.000036  0.000070  0.000100
30 /      5  0.000100  0.000129  0.000170
31 /      6  0.000170  0.000247  0.000316
32 /      7  0.000316  0.000429  0.000502
33 /      8  0.000429  0.000708  0.001000
34 /      9  0.001000  0.001306  0.001778
35 /     10  0.001778  0.002462  0.003102
36 /     11  0.003102  0.004367  0.005623
37 /     12  0.005623  0.007729  0.010000
38 /     13  0.010000  0.013696  0.017783
39 / End: Gates
40 /
41 / Begin: Layer
42 / Ground surface: 0.0 m
43 / Cols: #      Chg      Top      Frq      Thk      Tau      LCCCT      rMu
44 / unit: #      m/V      m      m      m      m      m      m
45 / Const      1  0.000000  100.000000  10.000000  0.000000  1.000000
46 /      2  100.000000  1.000000  0.000000  0.000000  1.000000
47 /      3  0.000000  1.000000  0.000000  0.000000  1.000000
48 / End: Layer
49 /
50 / Begin: Results
51 / Cols: Line  Tx  TypT  Rx(n)  Tx(n)  Rx(2)  Tx(1)  Tx(2)  Rx
52 / Type  Line  Tx  TypT  Rx(n)  Tx(n)  Rx(2)  Tx(1)  Tx(2)  Rx
53 /      1  001  001  001  001  001  001  001  001  001
54 /      2  001  001  001  001  001  001  001  001  001
55 /      3  001  001  001  001  001  001  001  001  001
56 /      4  001  001  001  001  001  001  001  001  001
57 /      5  001  001  001  001  001  001  001  001  001
58 /      6  001  001  001  001  001  001  001  001  001
59 /      7  001  001  001  001  001  001  001  001  001
60 /      8  001  001  001  001  001  001  001  001  001
61 /      9  001  001  001  001  001  001  001  001  001
62 /     10  001  001  001  001  001  001  001  001  001
63 /     11  001  001  001  001  001  001  001  001  001
64 /     12  001  001  001  001  001  001  001  001  001
65 /     13  001  001  001  001  001  001  001  001  001
66 /     14  001  001  001  001  001  001  001  001  001
67 /     15  001  001  001  001  001  001  001  001  001
68 /     16  001  001  001  001  001  001  001  001  001
69 /     17  001  001  001  001  001  001  001  001  001
70 /     18  001  001  001  001  001  001  001  001  001
71 /     19  001  001  001  001  001  001  001  001  001
72 /     20  001  001  001  001  001  001  001  001  001
73 /     21  001  001  001  001  001  001  001  001  001
74 /     22  001  001  001  001  001  001  001  001  001
75 /     23  001  001  001  001  001  001  001  001  001
76 /     24  001  001  001  001  001  001  001  001  001
77 /     25  001  001  001  001  001  001  001  001  001
78 /     26  001  001  001  001  001  001  001  001  001
79 /     27  001  001  001  001  001  001  001  001  001
80 /     28  001  001  001  001  001  001  001  001  001
81 /     29  001  001  001  001  001  001  001  001  001
82 /     30  001  001  001  001  001  001  001  001  001
83 /     31  001  001  001  001  001  001  001  001  001
84 /     32  001  001  001  001  001  001  001  001  001
85 /     33  001  001  001  001  001  001  001  001  001
86 /     34  001  001  001  001  001  001  001  001  001
87 /     35  001  001  001  001  001  001  001  001  001
88 /     36  001  001  001  001  001  001  001  001  001
89 /     37  001  001  001  001  001  001  001  001  001
90 /     38  001  001  001  001  001  001  001  001  001
91 /     39  001  001  001  001  001  001  001  001  001
92 /     40  001  001  001  001  001  001  001  001  001
93 /     41  001  001  001  001  001  001  001  001  001
94 /     42  001  001  001  001  001  001  001  001  001
95 /     43  001  001  001  001  001  001  001  001  001
96 /     44  001  001  001  001  001  001  001  001  001
97 /     45  001  001  001  001  001  001  001  001  001
98 /     46  001  001  001  001  001  001  001  001  001
99 /     47  001  001  001  001  001  001  001  001  001
100 /     48  001  001  001  001  001  001  001  001  001
101 /     49  001  001  001  001  001  001  001  001  001
102 /     50  001  001  001  001  001  001  001  001  001
103 /     51  001  001  001  001  001  001  001  001  001
104 /     52  001  001  001  001  001  001  001  001  001
105 /     53  001  001  001  001  001  001  001  001  001
106 /     54  001  001  001  001  001  001  001  001  001
107 /     55  001  001  001  001  001  001  001  001  001
108 /     56  001  001  001  001  001  001  001  001  001
109 /     57  001  001  001  001  001  001  001  001  001
110 /     58  001  001  001  001  001  001  001  001  001
111 /     59  001  001  001  001  001  001  001  001  001
112 /     60  001  001  001  001  001  001  001  001  001
113 /     61  001  001  001  001  001  001  001  001  001
114 /     62  001  001  001  001  001  001  001  001  001
115 /     63  001  001  001  001  001  001  001  001  001
116 /     64  001  001  001  001  001  001  001  001  001
117 /     65  001  001  001  001  001  001  001  001  001
118 /     66  001  001  001  001  001  001  001  001  001
119 /     67  001  001  001  001  001  001  001  001  001
120 /     68  001  001  001  001  001  001  001  001  001
121 /     69  001  001  001  001  001  001  001  001  001
122 /     70  001  001  001  001  001  001  001  001  001
123 /     71  001  001  001  001  001  001  001  001  001
124 /     72  001  001  001  001  001  001  001  001  001
125 /     73  001  001  001  001  001  001  001  001  001
126 /     74  001  001  001  001  001  001  001  001  001
127 /     75  001  001  001  001  001  001  001  001  001
128 /     76  001  001  001  001  001  001  001  001  001
129 /     77  001  001  001  001  001  001  001  001  001
130 /     78  001  001  001  001  001  001  001  001  001
131 /     79  001  001  001  001  001  001  001  001  001
132 /     80  001  001  001  001  001  001  001  001  001
133 /     81  001  001  001  001  001  001  001  001  001
134 /     82  001  001  001  001  001  001  001  001  001
135 /     83  001  001  001  001  001  001  001  001  001
136 /     84  001  001  001  001  001  001  001  001  001
137 /     85  001  001  001  001  001  001  001  001  001
138 /     86  001  001  001  001  001  001  001  001  001
139 /     87  001  001  001  001  001  001  001  001  001
140 /     88  001  001  001  001  001  001  001  001  001
141 /     89  001  001  001  001  001  001  001  001  001
142 /     90  001  001  001  001  001  001  001  001  001
143 /     91  001  001  001  001  001  001  001  001  001
144 /     92  001  001  001  001  001  001  001  001  001
145 /     93  001  001  001  001  001  001  001  001  001
146 /     94  001  001  001  001  001  001  001  001  001
147 /     95  001  001  001  001  001  001  001  001  001
148 /     96  001  001  001  001  001  001  001  001  001
149 /     97  001  001  001  001  001  001  001  001  001
150 /     98  001  001  001  001  001  001  001  001  001
151 /     99  001  001  001  001  001  001  001  001  001
152 /    100  001  001  001  001  001  001  001  001  001
153 /
154 / unit: #      #      #      #      #      #      #      #      #
155 /      1  001  001  001  001  001  001  001  001  001
156 /      2  001  001  001  001  001  001  001  001  001
157 /      3  001  001  001  001  001  001  001  001  001
158 /      4  001  001  001  001  001  001  001  001  001
159 /      5  001  001  001  001  001  001  001  001  001
160 /      6  001  001  001  001  001  001  001  001  001
161 /      7  001  001  001  001  001  001  001  001  001
162 /      8  001  001  001  001  001  001  001  001  001
163 /      9  001  001  001  001  001  001  001  001  001
164 /     10  001  001  001  001  001  001  001  001  001
165 /     11  001  001  001  001  001  001  001  001  001
166 /     12  001  001  001  001  001  001  001  001  001
167 /     13  001  001  001  001  001  001  001  001  001
168 /     14  001  001  001  001  001  001  001  001  001
169 /     15  001  001  001  001  001  001  001  001  001
170 /     16  001  001  001  001  001  001  001  001  001
171 /     17  001  001  001  001  001  001  001  001  001
172 /     18  001  001  001  001  001  001  001  001  001
173 /     19  001  001  001  001  001  001  001  001  001
174 /     20  001  001  001  001  001  001  001  001  001
175 /     21  001  001  001  001  001  001  001  001  001
176 /     22  001  001  001  001  001  001  001  001  001
177 /     23  001  001  001  001  001  001  001  001  001
178 /     24  001  001  001  001  001  001  001  001  001
179 /     25  001  001  001  001  001  001  001  001  001
180 /     26  001  001  001  001  001  001  001  001  001
181 /     27  001  001  001  001  001  001  001  001  001
182 /     28  001  001  001  001  001  001  001  001  001
183 /     29  001  001  001  001  001  001  001  001  001
184 /     30  001  001  001  001  001  001  001  001  001
185 /     31  001  001  001  001  001  001  001  001  001
186 /     32  001  001  001  001  001  001  001  001  001
187 /     33  001  001  001  001  001  001  001  001  001
188 /     34  001  001  001  001  001  001  001  001  001
189 /     35  001  001  001  001  001  001  001  001  001
190 /     36  001  001  001  001  001  001  001  001  001
191 /     37  001  001  001  001  001  001  001  001  001
192 /     38  001  001  001  001  001  001  001  001  001
193 /     39  001  001  001  001  001  001  001  001  001
194 /     40  001  001  001  001  001  001  001  001  001
195 /     41  001  001  001  001  001  001  001  001  001
196 /     42  001  001  001  001  001  001  001  001  001
197 /     43  001  001  001  001  001  001  001  001  001
198 /     44  001  001  001  001  001  001  001  001  001
199 /     45  001  001  001  001  001  001  001  001  001
200 /     46  001  001  001  001  001  001  001  001  001
201 /     47  001  001  001  001  001  001  001  001  001
202 /     48  001  001  001  001  001  001  001  001  001
203 /     49  001  001  001  001  001  001  001  001  001
204 /     50  001  001  001  001  001  001  001  001  001
205 /     51  001  001  001  001  001  001  001  001  001
206 /     52  001  001  001  001  001  001  001  001  001
207 /     53  001  001  001  001  001  001  001  001  001
208 /     54  001  001  001  001  001  001  001  001  001
209 /     55  001  001  001  001  001  001  001  001  001
210 /     56  001  001  001  001  001  001  001  001  001
211 /     57  001  001  001  001  001  001  001  001  001
212 /     58  001  001  001  001  001  001  001  001  001
213 /     59  001  001  001  001  001  001  001  001  001
214 /     60  001  001  001  001  001  001  001  001  001
215 /     61  001  001  001  001  001  001  001  001  001
216 /     62  001  001  001  001  001  001  001  001  001
217 /     63  001  001  001  001  001  001  001  001  001
218 /     64  001  001  001  001  001  001  001  001  001
219 /     65  001  001  001  001  001  001  001  001  001
220 /     66  001  001  001  001  001  001  001  001  001
221 /     67  001  001  001  001  001  001  001  001  001
222 /     68  001  001  001  001  001  001  001  001  001
223 /     69  001  001  001  001  001  001  001  001  001
224 /     70  001  001  001  001  001  001  001  001  001
225 /     71  001  001  001  001  001  001  001  001  001
226 /     72  001  001  001  001  001  001  001  001  001
227 /     73  001  001  001  001  001  001  001  001  001
228 /     74  001  001  001  001  001  001  001  001  001
229 /     75  001  001  001  001  001  001  001  001  001
230 /     76  001  001  001  001  001  001  001  001  001
231 /     77  001  001  001  001  001  001  001  001  001
232 /     78  001  001  001  001  001  001  001  001  001
233 /     79  001  001  001  001  001  001  001  001  001
234 /     80  001  001  001  001  001  001  001  001  001
235 /     81  001  001  001  001  001  001  001  001  001
236 /     82  001  001  001  001  001  001  001  001  001
237 /     83  001  001  001  001  001  001  001  001  001
238 /     84  001  001  001  001  001  001  001  001  001
239 /     85  001  001  001  001  001  001  001  001  001
240 /     86  001  001  001  001  001  001  001  001  001
241 /     87  001  001  001  001  001  001  001  001  001
242 /     88  001  001  001  001  001  001  001  001  001
243 /     89  001  001  001  001  001  001  001  001  001
244 /     90  001  001  001  001  001  001  001  001  001
245 /     91  001  001  001  001  001  001  001  001  001
246 /     92  001  001  001  001  001  001  001  001  001
247 /     93  001  001  001  001  001  001  001  001  001
248 /     94  001  001  001  001  001  001  001  001  001
249 /     95  001  001  001  001  001  001  001  001  001
250 /     96  001  001  001  001  001  001  001  001  001
251 /     97  001  001  001  001  001  001  001  001  001
252 /     98  001  001  001  001  001  001  001  001  001
253 /     99  001  001  001  001  001  001  001  001  001
254 /    100  001  001  001  001  001  001  001  001  001
255 /
256 / unit: #      #      #      #      #      #      #      #      #
257 /      1  001  001  001  001  001  001  001  001  001
258 /      2  001  001  001  001  0
```


How does `lyr` improve on equivalents in the P223 Suite?

- `lyr` also includes an inversion algorithm designed for non-linear non-convex black-box optimisation problems (Hansen, 2016)
 - CMA-ES is slower than L-BFGS but is designed for a rugged search landscape (e.g. discontinuities, sharp bends or ridges, noise, local optima, outliers)
 - The method does not require parameter tuning
- One strategy might be to employ CMA-ES with different starting models then to refine the model using L-BGFS methods
- Only one variable in the `.input` file need be changed in order to switch between inversion algorithms

- `lyr`, the first component of `GEMSMODELS`, is a significant improvement on P223 Suite capability
 - Simpler code allows maintenance, easier extension and greater consistency with other components of the suite
 - Clearer output allows more consistent processing and analysis
 - Better documentation allows focus on the survey and how to model it
 - More capability smooths the path towards the end goals of survey design and data analysis

References

Hansen, N.. 2016. The CMA Evolution Strategy: A Tutorial.

McCabe, T. 1976. A Complexity Measure. *IEEE Transactions on Software Engineering SE-2*, 308–320.

Nocedal, J., and S. J. Wright. 2006. Numerical optimization. Springer. Springer Series in Operations Research.

Raiche, A., G. Wilson, and F. Sugeng. 2007. Practical 3D inversion – The P223F Software Suite. ASEG. Perth, WA, 68–69.

Vozoff, K., and D. L. B. Jupp. 1975. Joint Inversion of Geophysical Data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 42, 977–991.

Dr David Annetts

email: info@aegisgeophysics.com.au

mob.: 0411 756 129

web: aegisgeophysics.com.au

LI: <https://www.linkedin.com/in/davidannetts/>

